



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

NANCY – METZ

**UNIVERSITE HENRI POINCARÉ – NANCY 1
FACULTE D'ODONTOLOGIE**

Année 2011

N°

THESE

pour le

**DIPLÔME D'ETAT DE DOCTEUR EN
CHIRURGIE DENTAIRE**

par

Marin VINCENT

Né le 07 avril 1986 à Nancy (54)

**Obturation canalaire en endodontie :
techniques actuelles**

Présentée et soutenue publiquement le
03 juin 2011

Examineurs de la thèse :

Pr P. AMBROSINI
Dr E. MORTIER
Dr J.M. MARTRETTE
Dr Y. SIMON

Professeur des Universités
Maître de Conférences
Maître de Conférences
Ancien A.H.U.

Président
Juge
Juge
Juge

A NOTRE PRESIDENT DE THESE

Monsieur le Professeur Pascal AMBROSINI

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'Université Henri Poincaré, Nancy 1

Vice – Doyen au budget et aux affaires hospitalières

Habilité à diriger des recherches

Professeur des Universités

Responsable de la sous – section : Parodontologie

Nous vous remercions de l'honneur que vous nous faites en présidant le jury de notre thèse.

Nous vous remercions pour vos qualités d'enseignant qui ont su nous pousser au perfectionnement de notre art.

Nous vous exprimons ici, notre sincère reconnaissance et notre profonde admiration.

A NOTRE JUGE ET DIRECTEUR DE THESE

Monsieur le Docteur Eric MORTIER

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'Université Henri Poincaré, Nancy 1

Maître de Conférence des Universités

Sous section : Odontologie Conservatrice – Endodontie

Vous nous avez fait le très grand honneur d'être l'instigateur de ce sujet et de diriger ce travail. Merci pour tous vos conseils et votre disponibilité qui nous ont été offerts pendant ces deux années de clinique.

Vos qualités humaines comme professionnelles imposent une sincère admiration et un immense respect à votre égard.

En attendant de peut être travailler à nouveau à vos cotés, puisse ce travail être le témoignage de notre profonde gratitude.

A NOTRE JUGE

Monsieur le Docteur Yorick SIMON

Docteur en Chirurgie Dentaire

Ancien Assistant Hospitalier Universitaire

Sous – section : Odontologie Conservatrice – Endodontie

Nous sommes très reconnaissant de votre présence à notre jury de thèse.

Nous vous remercions pour votre grande gentillesse et votre disponibilité en clinique qui ont su nous guider jusqu'à ce jour.

Soyez assuré de notre considération et de notre plus profond respect.

A NOTRE JUGE

Monsieur le Docteur Jean-Marc MARTRETTE

Docteur en Chirurgie Dentaire

Vice Doyen à la pédagogie

Docteur en Sciences Pharmacologiques

Maître de Conférence des Universités

Sous – section : Sciences Biologiques (Biochimie, Immunologie, Histologie, Embryologie, Génétique, Anatomie pathologique, Bactériologie, Pharmacologie).

Nous vous remercions chaleureusement de
votre présence à notre jury de thèse

Veuillez trouver dans ce travail le témoignage
de notre profonde gratitude et nos sincères
remerciements pour les précieux conseils
recueillis au cours de notre stage hospitalier.

A mes parents, à ma soeur et à mon frère,

Sans qui je n'aurais pas pu en arriver là, merci pour tous vos efforts et pour toutes vos belles leçons d'Amour.

A mes grands parents,

A Papy Marcel, qui m'aura tant appris en si peu de temps malheureusement.

A Mamie Simone, à qui j'avais promis de réussir, j'espère que tu pourras en profiter de là où tu es.

A Mamie Paulette, une très grande Dame qui m'aura appris de belles leçons de vie que je m'efforce de respecter chaque jour.

A Papy Armand, merci pour tout, profite de ton repos mérité.

A Mamie Ginette, merci pour ta jeunesse et ton affection malgré les épreuves.

A toi, Bérengère,

Que te dire, sans toi je ne serais certainement pas grand chose. Tu es mon passé, mon présent et je l'espère mon avenir pour la vie. Mille fois merci. Je t'aime...

A toute ma famille,

Merci à vous tous.

A tous mes amis,

Je ne citerai que Vianney et Olivier, merci pour tous ces moments de vie, de joie, d'aventure et de bonne humeur.

Merci à tous les autres, Remy, Pascale, Julie, Delphin, Guillaume, et tous ceux qui se reconnaîtront et à qui je pense bien fort.

**L'obturation canalaire
en endodontie :
techniques actuelles**

Sommaire

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

I. Introduction

I. 1. Historique

I. 1. 1. De la fin du 18^{ème} siècle au début du 19^{ème} siècle

I. 1. 2. Le milieu du 19^{ème} siècle

I. 1. 3. De la fin du 19^{ème} siècle au début du 20^{ème}

I. 2. Données actuelles

II. Concept actuel du traitement endodontique

II. 1. Objectifs de l'endodontie

II. 2. Réalisation de la cavité d'accès endodontique

II. 3 Préparation du système canalaire

II. 3. 1. Cathétérisme

II. 3. 2. Nettoyage et mise en forme du système canalaire

II. 3. 3. Irrigation abondante et constante

II. 3. 4. Asséchement

II. 4. Obturation canalaire tridimensionnelle et étanche

II. 4. 1. Les matériaux

II. 4. 2. Principes des techniques d'obturation classiques

II. 4. 3. Principes des techniques d'obturation actuelles

III. L'obturation canalaire de nos jours

III. 1. Présentation des techniques actuelles

III. 1. 1. Les techniques de thermocompactage

III. 1. 2. Les systèmes avec tuteurs

III. 1. 3. Les systèmes par vague de chaleur

III. 1. 4. Les systèmes par injection

IV. Comparaison des techniques d'obturation canalaire actuelles

IV. 1. Comparaison entre les techniques d'obturation à base de gutta-percha

IV. 1. 1. Pourcentage de remplissage endodontique en gutta-percha (PGFA), en ciment et en vide canalaire

IV. 1. 2. Pourcentage de fuite endodontique

IV. 1. 3. Capacité de scellement tridimensionnelle

IV. 2. Comparaison entre les ciments d'obturations

IV. 2. 1. Comparaison des fuites endodontiques par pénétration bactérienne.

IV. 2. 2. Comparaison des fuites endodontiques par pénétration de colorant.

IV. 2. 3. Comparaison des fuites endodontiques par filtration liquidienne (mesure des fluides sous pression).

IV. 2. 4. Influence de la présence ou de l'absence de smear layer (boue dentinaire)

IV. 3. Que choisir au cabinet ?

V. Conclusion

Références bibliographiques

Table des matières

Liste des figures

Figure 1. Thermocompactage. Maître cône en place (Dossier de l'ADF 2003).	41
Figure 2. Thermocompactage. Phase de descente et de remontée (Dossier de l'ADF 2003).	42
Figure 3. Thermocompactage. Compactage vertical (Dossier de l'ADF 2003).	43
Figure 4. Système Microseal® (http://www.sybrondental.com).	45
Figure 5. Système Quick-Fill® (http://www.denmedpro.com).	47
Figure 6. Système Quick-Fill®. Choix de l'instrument (http://www.jsdental.com).....	47
Figure 7. Système Quick-Fill®. Positionnement de l'instrument (http://www.jsdental.com).	47
Figure 8. Système Quick-Fill®. Phase de descente (http://www.jsdental.com).	48
Figure 9. Système Quick-Fill®. Phase de remontée (http://www.jsdental.com).....	48
Figure 10. Système Quick-Fill®. Phase de thermocompactage supplémentaire si nécessaire (http://www.jsdental.com).	48
Figure 11. Système Thermafil® (http://www.roos-dental.de).	49
Figure 12. Système Thermafil® : Verifier® (http://www.roos-dental.de).	50
Figure 13. Système Herofill® (http://www.ecodentaire.fr).....	52
Figure 14. Système Soft Core® (http://www.dentalproductshopper.com).	52
Figure 15. Système SimpliFill® (Light Speed® : LSX and Simplifill® Technique Guide).....	53
Figure 16. Système SimpliFill®. Mise en place du plug de gutta-percha (Light Speed® : LSX and Simplifill® Technique Guide).....	53
Figure 17. Système SimpliFill®. Mise en place du plug de gutta-percha (Light Speed® : LSX and Simplifill® Technique Guide).....	54
Figure 18. System B® (J Ordre Dent Québec, 44:173-81, 2007).	55
Figure 19. Système Touch'n Heat® (J Ordre Dent Québec, 44:174, 2007).	58
Figure 20. Système Obtura II® (J Ordre Dent Québec, 44:175, 2007).....	59
Figure 21. Système Ultrafill 3D® (http://www.interguidedental.com).	59
Figure 22. Système Gutta-Flow® (J Ordre Dent Québec, 44:177, 2007).	60
Figure 23. Comparaison du PGFA entre le System B® et le système Microseal® (Cathro et Love, 2003).....	67
Figure 24. PGFA d'une obturation au système Microseal® (Cathro et Love, 2003). 68	
Figure 25. Comparaison du PGFA entre le System B® / Obtura II® et le système Microseal® (Cathro et Love, 2003).....	68
Figure 26. PGFA d'une obturation par Thermafil® (De-Deus et coll., 2007).....	70

Figure 27. PGFA d'une obturation par condensation latérale (De-Deus et coll., 2007).	71
Figure 28. Obturation par condensation verticale (Hugh et coll., 2005).....	73
Figure 29. Obturation par Obtura II® (Hugh et coll., 2005).....	74
Figure 30. Obturation par System B® (Hugh et coll., 2005).....	75
Figure 31. Obturation par Thermafil® (Hugh et coll., 2005).....	75
Figure 32. Obturation par SimpliFill® (Hugh et coll., 2005).....	76
Figure 33. Obturation par condensation latérale (Hugh et coll., 2005).	76
Figure 34. Comparaison du PGFA de différentes techniques (De-Deus et coll., 2006).	78
Figure 35. Méthode d'étude par mesure des fluides sous pression (Emery, 2002)..	80
Figure 36. Visualisation de la pénétration du colorant sur des coupes longitudinales (Inan et coll., 2007).....	86
Figure 37. Technique de mesure par filtration liquidienne (Rajeswari et coll., 2005).	91
Figure 38. Technique de mesure par filtration liquidienne (Gençoğlu et coll., 2007).	95
Figure 39. Scellement tridimensionnel obtenu avec Ultrafil 3D® (Goldberg et coll., 2001).	99
Figure 40. Scellement tridimensionnel obtenu par condensation latérale (Goldberg et coll., 2001).....	99
Figure 41. Comparaison des fuites endodontiques par pénétration de colorant entre les différents ciments étudiés (Almeida et coll., 2007).....	107
Figure 42. Obturation canalair au Ketac-Endo® et AH-26® avant comparaison de leur étanchéité par pénétration de colorant (Oliver et Abbott, 1998).	108
Figure 43. Cylindre de préparation (Wu et coll., 1994).	111
Figure 44. Mesure des fuites endodontiques par filtration liquidienne (Cobankara et coll., 2002).....	114

Liste des tableaux

Tableau 1. Propriétés des familles de ciment de scellement canalaire (Les Dossiers de l'ADF, 2003).....	33
Tableau 2. Comparaison du PGFA entre les différentes techniques d'obturation canalaire (Vasundhara et Prashanth, 2006).	65
Tableau 3. Comparaison du PGFA, du ciment de scellement et des vides endodontiques à 4mm du foramen apical entre les différents groupes expérimentaux (De-Deus et coll., 2007).....	69
Tableau 4. Comparaison du PGFA, du ciment de scellement et des vides endodontique à 6mm du foramen apical entre les différents groupes expérimentaux (De-Deus et coll., 2007).....	71
Tableau 5. Pourcentage de ciment et de vides endodontiques en fonction des différentes techniques d'obturation. C = moitié coronaire ; A = moitié apicale (Hugh et coll., 2005).	73
Tableau 6. Mesure des fuites endodontiques par pénétration bactérienne entre les différentes techniques étudiées (Brosco et coll., 2008).	82
Tableau 7. Mesure des fuites endodontiques par pénétration bactérienne entre les différentes techniques étudiées en fonction de la profondeur de l'obturation (Brosco et coll., 2008).	82
Tableau 8. Mesure des fuites endodontique par pénétration bactérienne entre les différentes techniques étudiées (Brosco et coll., 2008).	82
Tableau 9. Mesure des fuites endodontiques entre les différentes techniques étudiées en fonction du temps (Yücel et Çiftçi 2006).....	83
Tableau 10. Mesure des fuites endodontiques par pénétration de colorant entre les différentes techniques étudiées (Brosco et coll., 2003).	87
Tableau 11. Mesure des fuites endodontiques par filtration liquidienne entre les différentes techniques étudiées (Kontakiotis et coll., 2007).....	90
Tableau 12. Mesure des fuites endodontiques par filtration liquidienne entre les différentes techniques étudiées en fonction du temps (Rajeswari et coll., 2007).....	92
Tableau 13. Mesure des fuites endodontiques par filtration liquidienne entre les différentes techniques étudiées (Rajeswari et coll., 2007).....	92
Tableau 14. Mesure des fuites endodontiques par filtration liquidienne entre les différentes techniques étudiées en fonction du temps (Pommel et Camps, 2001). ..	93
Tableau 15. Mesure des fuites endodontiques par filtration liquidienne entre les différentes techniques étudiées (Gençoğlu et coll., 2007).	95

Tableau 16. Comparaison des capacités de scellement tridimensionnel des différentes techniques étudiées (Goldberg et coll., 2001).....	98
Tableau 17. Mesure des fuites endodontiques par filtration liquidienne entre les différents ciments étudiés (De-Deus et coll., 2006).	102
Tableau 18. Nombre et pourcentage de fuites endodontiques après exposition à <i>Enterococcus faecalis</i> pendant trente jours (Timpawat et coll., 2001).....	103
Tableau 19. Nombre et pourcentage de fuites endodontiques après exposition à <i>Enterococcus faecalis</i> pendant soixante jours (Timpawat et coll., 2001).....	104
Tableau 20. Mesure des fuites endodontiques par pénétration de colorant entre les différents ciments étudiés (Oliver et Abbott, 1998).....	109
Tableau 21. Mesure des fuites endodontiques par filtration liquidienne entre les différents ciments étudiés en fonction de leur épaisseur (Wu et coll., 1994).	112
Tableau 22. Mesure des fuites endodontiques par filtration liquidienne entre les différents ciments étudiés après 1 an stockés dans de l'eau (Wu et coll., 1994).....	113
Tableau 23. Mesure des fuites endodontiques par filtration liquidienne entre les différents ciments étudiés (Wu et coll., 1994).	113
Tableau 24. Mesure des fuites endodontiques par filtration liquidienne entre les différents ciments étudiés (Cobankara et coll., 2002).....	115

I. Introduction

L'acte endodontique est une intervention complexe et délicate sur laquelle reposent la santé parodontale et la pérennité de l'organe dentaire. Il est à la base de l'exercice du chirurgien dentiste et constitue un pilier indispensable sur lequel de nombreuses autres disciplines reposent.

En l'espace d'un siècle, le domaine de l'endodontie a connu un véritable essor. Bien que la base des traitements soit inchangée, le progrès a permis de mettre en oeuvre des notions connues à l'époque mais non ou incorrectement appliquées de par le manque de moyens. Le progrès biochimique et biologique a apporté l'asepsie opératoire de l'acte, le progrès en biomatériaux et en mécanique à quant à lui permis la simplification de l'acte opératoire et l'amélioration de l'obturation endodontique.

Le monde de l'odontologie a connu des révolutions de taille et continue à évoluer à grande vitesse, la formation continue est donc de rigueur en dentisterie endodontique, nous devons non seulement nous adapter aux avancées scientifiques mais également choisir la technique la mieux adaptée parmi la multiplicité des procédés de traitement endodontique.

Toutes les méthodes actuelles tendent à simplifier au maximum le traitement endodontique souvent perçu comme fastidieux et compliqué par l'opérateur. Si les échecs endodontiques du siècle passé résultaient d'un manque de notions fondamentales et de moyens, ceux d'aujourd'hui sont plus souvent dus à un manque de rigueur dans les différentes étapes opératoires.

C'est à travers l'étude des différentes techniques d'obturations actuelles, en les comparant et en mettant en avant leurs avantages comme leurs inconvénients que nous déterminerons quelles conduites et quelles techniques utiliser pour la réalisation d'un acte endodontique efficace et rapide.

I. 1. Historique

On retrouve des vestiges de notions de trépanation de la chambre pulpaire introduit par Archigènes d'Apamée dès -100 avant Jésus-Christ mais il faudra attendre le milieu du 15^{ème} siècle avant que ces notions soient sérieusement reprises et préconisées par Giovanni d'Arcole (Hoffman-Axthelm, 1981).

I. 1. 1. De la fin du 18^{ème} siècle au début du 19^{ème} siècle

A la fin du 18^{ème} siècle et au début du 19^{ème}, les soins endodontiques étaient grossiers. Le traitement de la dent se faisait par cautérisation de la pulpe soit au fer rouge à l'aide de tiges métalliques ou de stylets de platine chauffés à la flamme, soit par des caustiques (ammoniaque liquide, chlorure de zinc, acide sulfurique, nitrique et chlorhydrique) placés sur une boulette de coton, la cavité étant fermée à la cire durant quelques minutes, avant que l'opération ne soit répétée (Berard, 1994).

De tels soins permettaient alors de pallier l'urgence douloureuse et finissaient le plus souvent en urgences infectieuses quelques mois plus tard.

Néanmoins, à la même période, certains praticiens remplissaient déjà les canaux de feuilles d'or de l'apex jusqu'à la couronne.

I. 1. 2. Le milieu du 19^{ème} siècle

Le milieu du 19^{ème} siècle sera marqué par de grandes améliorations dans le domaine de la dentisterie endodontique, on verra alors l'introduction de la notion d'aseptie canalaire, de la digue, des pointes de gutta-percha et de ciments canalaires mais également d'instruments tels que les tire-nerfs et les broches ainsi que les premières médications antiseptiques.

A cette époque l'obturation canalaire est une idée qui a déjà été émise mais qui n'est pas encore admise par tous, il faudra attendre 1948 avec l'introduction de la gutta-percha par Hill (Dechaume et Huard, 1977) pour que cette notion connaisse un essor important.

La pulpectomie est codifiée dès 1862 par W. Hunter qui énonce déjà la notion de « triade endodontique » : retirer le nerf (nettoyage), nettoyer le canal (parage) et obturer (fermeture) (Dechaume et Huard, 1977).

La digue apparaît pour la première fois en 1864 avec Sandford Christie Barnum, s'ensuivront rapidement les concepts d'asepsie chirurgicale. La fin du 19^{ème} siècle entraînera une prise de conscience importante sur la manière de travailler de la façon la plus aseptique possible.

I. 1. 3. De la fin du 19^{ème} siècle au début du 20^{ème}

La fin du 19^{ème} siècle et le début du 20^{ème} seront quant à eux marqués par la découverte des rayons X et de l'anesthésie locale. Le concept d'actualité est alors « ouvrez, nettoyez et bouchez » de H. Lentulo (Maestroni et Laurichesse, 1985). Les progrès techniques portent sur une préparation plus facile du canal, une meilleure désinfection et une obturation plus étanche.

Les premières limes et les fraises manuelles de Gates apparaissent suivies des forets de Gates en 1875. De nombreuses études permettront la réalisation d'instruments toujours plus adaptés à l'anatomie canalaire pour permettre un nettoyage biomécanique et une mise en forme canalaire.

Le pansement arsenical sera progressivement remplacé par des produits d'anesthésie locale suite à la découverte de la cocaïne en 1859. Il faudra néanmoins attendre 1898 pour voir sa première utilisation au niveau dentaire par P. Reclus (Bricard).

En 1920, les premiers cônes d'argent bactéricides et radioopiques apparaissent mais ils génèrent des produits de corrosion toxiques et conduisent à des obturations difficiles à reprendre si cela est nécessaire.

Ce n'est qu'en 1928 que les premiers bourre-pâtes de H. Lentulo apparaissent, ils permettent alors une obturation canalaire basée sur un remplissage de ciment sans cône de gutta-percha, sans aucune herméticité apicale et avec de nombreux dépassements.

En 1931, A. Marmasse souligne la nécessité absolue d'obturer les canaux dentaires pour obtenir une bonne étanchéité permettant l'élimination des foyers infectieux peu importants et asymptomatiques (Marmasse, 1976). La gutta-percha devient alors quelques années plus tard, en 1948, le matériau de référence permettant d'offrir une bonne étanchéité.

Juste avant la seconde guerre mondiale, E.D Coolidge sera le premier à associer la préparation à la désinfection canalaire (Coolidge, 1950).

Il faudra néanmoins attendre les années 1980 pour voir le monde de l'endodontie complètement revisité sur le plan instrumental avec l'arrivée de l'assistance mécanisée.

I. 2. Données actuelles

Le concept endodontique actuel vise à prévenir ou à éliminer une lésion apicale. Pour se faire il faut conjuguer :

- une action mécanique : trépanation, cathétérisme et mise en forme canalaire à l'aide d'instruments rotatifs et manuels.
- une action chimique : grâce à une irrigation abondante et constante visant à éliminer l'ensemble des tissus organiques (hypochlorite de sodium : NaClO) et des débris minéraux (acide éthylène diamine tétra-acétique : EDTA).

La clé du succès passe bel et bien par l'obtention d'un « environnement biologiquement favorable à la cicatrisation » (Schwartz, 1981).

L'obturation, quant à elle, a énormément évolué ce dernier siècle. Cautérisation, cône d'argent et pâte d'oxyde de zinc eugénol seule ont précédé l'ascension de la gutta-percha qui deviendra le matériau de référence dans ce domaine. S'il y a eu de nombreuses évolutions dans le domaine de la mise en forme canalaire grâce à l'apport de l'assistance mécanisée, il y en a eu autant dans le domaine de l'obturation canalaire.

Ces innovations ont permis de voir arriver la gutta-percha sous une nouvelle forme dit de « thermoplastique ». Cette forme permet de réchauffer la gutta-percha qui se ramollit et autorise alors un accès plus aisé aux zones canales complexes. Par ailleurs, le ratio gutta-percha / ciment de scellement permet dès lors d'être augmenté ce qui est en faveur d'une meilleur étanchéité.

II. Concept actuel du traitement endodontique

II. 1. Objectifs de l'endodontie

Le traitement endodontique permet de traiter une pulpopathie irréversible ou une nécrose pulpaire et de réaliser une obturation hermétique, dense, homogène et tridimensionnelle allant du foramen apical physiologique à l'extrémité coronaire.

Ce traitement doit permettre en outre l'élimination et la neutralisation de la totalité des substances organiques présentes et d'éviter la colonisation bactérienne post-traitement pouvant aboutir à des irritations des tissus péri-apicaux et/ou à des lésions apicales. Son but est également de rechercher la guérison d'une pathologie péri-apicale ou péri-radriculaire éventuellement pré-existante.

Un des objectifs essentiels de la thérapeutique endodontique est de réaliser une obturation radiculaire étanche tridimensionnelle jusqu'à la jonction cémento-dentinaire (Schilder, 1974). Le résultat obtenu doit être stable et durable et correspondre aux critères de réussite clinique et radiographique.

Critères de réussite clinique :

- dent fonctionnelle sur l'arcade.
- absence de tous signes infectieux (fistule, tuméfaction...).
- absence de signe clinique (mobilité, sensibilité à la percussion/palpation...).
- absence de signe subjectif d'inconfort.

Critères de réussite radiographique :

- disparition ou non-apparition d'une raréfaction osseuse.
- obturation dense, sans manque apparent, allant de l'apex physiologique de la racine (jonction cémento-dentinaire) à son extrémité coronaire.
- absence de desmodontite (espace desmodontale inférieur à 1mm).

Pour résumer, l'objectif du traitement endodontique est le maintien durable, asymptomatique et fonctionnel de la dent sur l'arcade.

II. 2. Réalisation de la cavité d'accès endodontique

Après avoir posé un diagnostic sûr et fiable, pris une radiographie orthocentrée en préopératoire et posé son champ opératoire, il convient de commencer le travail endodontique par la réalisation d'une cavité d'accès adéquate.

Souvent négligée, la cavité d'accès est un élément clef du traitement endodontique. Etant la première étape du travail, la suite du traitement dépendra de sa bonne réalisation (Burns et Herbranson, 2002).

Objectifs de la cavité d'accès :

- L'intégralité du plafond pulpaire doit être éliminé, qu'il soit composé de tissus dentaires comme de matériaux de reconstitution coronaire (amalgame, composite...). Cette élimination doit se faire *a minima* pour être le plus conservateur possible.
- L'élimination de l'intégralité du contenu de la chambre camérale.
- Une reconstitution préendodontique devra être systématiquement réalisée en cas de trop fort délabrement. Grâce à cette reconstitution la cavité d'accès comportera quatre parois ce qui permettra d'assurer un réservoir constant de solution d'irrigation et une assise satisfaisante à la mise en place d'un pansement provisoire.
- Une visualisation directe de toutes les entrées canalaire
- Un accès des instruments endodontiques au tiers apical sans interférence avec les parois coronaires.
- L'élimination de toutes les contre-dépouilles pouvant cacher des restes de tissus pulpaire ou des entrées canalaire.

Avant de commencer, l'examen attentif de clichés radiographiques de la dent réalisés au-préalable, tout particulièrement les clichés rétro-alvéolaires, est une aide pré-opératoire obligatoire et très précieuse. Cet examen permettra de prendre en compte l'axe de la dent sur l'arcade et son axe corono-radiculaire, mais également de visualiser le volume pulpaire afin de se préparer à d'éventuelles modifications physiologiques et/ou réactionnelles.

Technique opératoire :

Après reconstitution coronaire pré-endodontique en cas de délabrement conséquent et après mise en place d'un champ opératoire, la cavité d'accès sera entreprise sur les faces palatines (ou linguales) des dents antérieures et sur les faces occlusales des dents postérieures.

La technique la plus enseignée est celle de la trépanation au point d'élection de la dent permettant l'accès direct à la chambre pulpaire avant de l'élargir à l'aide d'une fraise Zekrya Endo®. Cependant cette approche présente certaines limites notamment lors d'une proximité entre le plafond et le plancher pulpaire pouvant aboutir à une perforation de ce dernier.

Pour limiter les incidents, une nouvelle approche a été proposée par Lemian, Machtou et Simon (Pertot et Simon, 2004), consistant à matérialiser la projection occlusale de la cavité d'accès de façon virtuelle, selon des repères anatomiques fiables et reproductibles. Cette projection sera taillée jusqu'à effraction pulpaire puis la cavité d'accès sera mise en forme en éliminant le reste du plafond de la chambre.

A la fin, une sonde doit pouvoir glisser sur les parois de la cavité sans rencontrer de contre-dépouille et arriver en fin de parcours dans les entrées canalaires. Au besoin, on pourra passer des forets de Gates pour faciliter l'accès des limes aux canaux. Les parois de la cavité sont alors régularisées.

II. 3 Préparation du système canalaire

II. 3. 1. Cathétérisme

Le cathétérisme est l'exploration du canal ou d'une portion canalaire avec des instruments de type lime K ou MMC allant d'un diamètre 8 à 15/100^{ème} de mm. Cette exploration va permettre de vérifier l'axe du canal et de voir s'il n'existe pas d'interférences avec les parois de la cavité d'accès.

Ces instruments manuels de pénétration initiale ne seront jamais forcés apicalement pour rechercher d'emblée la longueur de travail. De plus, ces instruments seront précourbés, si nécessaire, selon l'anatomie canalaire.

Si ces limes bloquent avant l'apex, il sera préférable de réaliser la mise en forme des deux tiers coronaires du canal avant de faire une mesure précise de la longueur de travail. Cette mesure « retardée » permet de libérer les contraintes coronaires et de potentialiser la sensibilité tactile lors de l'utilisation de l'instrument dans la zone apicale. De plus, il a été démontré que l'élargissement coronaire précoce augmentait la précision des localisateurs d'apex électroniques.

II. 3. 2. Nettoyage et mise en forme du système canalaire

Le nettoyage du système canalaire et sa mise en forme vont permettre de prévenir ou d'éliminer l'infection par l'éradication des bactéries, de leurs toxines et des supports susceptibles de servir de nutriments à la prolifération bactérienne.

Cette étape indispensable va assurer l'antisepsie du système endodontique par le biais des solutions d'irrigations, puis par la réalisation d'une obturation tridimensionnelle et étanche devant sceller toutes les portes de communication endo-parodontale (Schilder, 1974).

Objectifs de la mise en forme du système canalaire : (Schilder, 1974 ; Machtou et coll., 1993)

- Une conicité continue sur toute la longueur du canal, sans déviation de sa trajectoire originelle dans les deux tiers apicaux. Son évasement doit être régulier dans tous les plans de l'espace en se calquant sur son anatomie initiale.
- Une mise en forme suffisante à la jonction entre le 1/3 apical et le 1/3 moyen permettant l'obtention d'une conicité apicale adéquate facilitant le renouvellement des bains d'irrigation au niveau apical.
- Le maintien du foramen apical le plus étroit possible avec la création d'un stop apical situé environ à 0,5mm de l'apex physiologique.
- Le maintien du foramen apical dans sa position initiale, sans déchirure ni déplacement.
- Un parage permettant l'élimination de tout le tissu pulpaire vivant, nécrosé ou potentiellement nécrosé.
- Le péri-apex ne doit pas avoir subi d'irritation toxique (propulsion de débris nécrotique), mécanique (sur-instrumentation) ou chimique (irrigants).

Les techniques de mise en forme canalaire actuelles découlent de l'association de la rotation continue et des instruments manuels. En effet une lime nickel-titane rotative ne doit jamais être insérée d'emblée dans un canal dont la perméabilité n'a pas été vérifiée avec une lime manuelle. Il est préférable de faire un travail manuel jusqu'aux limes de diamètre 15-20/100^{ème} avant d'entreprendre la séquence rotative.

La rotation continue pour ces préparations canalaires a apporté :

- Moins de transport de la trajectoire originelle, évitant ainsi les butées et les déchirures du foramen apical (Kavanagh et Lumley, 1998).
- Une préparation canalaire plus rapide (Gluskin et coll., 2001).
- L'absence de refoulement de débris dans le périapex (Reddy et Hicks, 1998).
- Des résultats fiables et reproductibles quelle que soit l'expérience de l'opérateur (Gluskin et coll., 2001).

Néanmoins, la rotation continue, bien qu'éliminant la majeure partie des problèmes liée à la préparation canalaire traditionnelle présente un inconvénient de taille : le risque de fracture instrumentale, et ce quel que soit le système utilisé.

Exemple de séquence Opératoire (système ProTaper®) :

- Les limes 10 et 15 sont insérées dans le canal jusqu'à leur niveau de pénétration maximale après les avoir précourbées pour se calquer sur l'anatomie canalaire.
- Le S1 (Shaping Files ProTaper®) est alors utilisé pour mettre en forme jusqu'à la longueur de pénétration de la lime 15
- Le SX pourra être utilisé à ce moment pour augmenter la conicité coronaire du canal et faciliter la descente instrumentale au tiers apical.
- Les limes manuelles sont réutilisées pour avancer plus apicalement et sont à nouveau suivies par le S1, cette alternance de limes manuelles et de rotation continue est répétée jusqu'à ce que le S1 atteigne la longueur canalaire estimée moins 4 à 5mm.
- A ce moment une lime manuelle est introduite pour déterminer la longueur de travail précise, et validée à l'aide d'une radiographie lime en place.
- Le S1 est ensuite utilisé à la longueur de travail, puis le S2 et les Finishing Files (F1, F2 voire F3) sont utilisées à la longueur de travail.

II. 3. 3. Irrigation abondante et constante

Quelques soient la technique ou les instruments utilisés, l'irrigation joue un rôle primordial en endodontie et fait partie intégrante de la séquence de mise en forme.

Contrairement à ce que l'on pourrait penser, ce ne sont pas les instruments endodontiques qui permettent, par leur travail de coupe et d'élargissement, le nettoyage et l'élimination des bactéries du système canalaire. Le nettoyage endodontique repose sur les solutions d'irrigation.

Bien entendu, l'utilisation des instruments va directement permettre la création d'un espace nécessaire à la pénétration et au renouvellement de ces produits d'irrigation. Une bonne mise en forme est donc garante d'un bon nettoyage endodontique.

L'hypochlorite de sodium est la solution de choix en endodontie. La chambre pulpaire doit toujours en être remplie. Le canal doit être irrigué abondamment à l'hypochlorite de sodium après chaque passage d'instrument. Un gel chélatant tel que le Glyde File Prep® peut être utilisé pour la lubrification avant l'insertion des instruments. Son utilisation est toutefois discutée car diminuant potentiellement l'efficacité de coupe des instruments.

Les solutions d'irrigation (hypochlorite de sodium) sont délivrées à l'aide d'une seringue classique munie d'une aiguille à sortie latérale. L'aiguille est insérée dans le canal jusqu'à contact avec les murs canaux puis est retirée de 1 à 2 mm afin de créer un espace de reflux latéral. L'éjection passive du produit d'irrigation est alors réalisée.

Objectifs de l'irrigation :

- Evacuer les débris minéraux et organiques laissés dans le système canalaire suite au passage des instruments (hypochlorite de sodium + EDTA).
- Avoir une bonne activité bactéricide afin de réaliser au mieux la désinfection du système canalaire (hypochlorite de sodium).
- Avoir une bonne action solvante sur les matières organiques afin de compléter le nettoyage des zones inaccessibles aux instruments (hypochlorite de sodium).

- Avoir une action lubrifiante pour faciliter le travail des instruments (EDTA en gel).
- Avoir une action solvante sur les matières minérales pour faciliter l'accès et la pénétration des instruments (EDTA en solution).

Séquence d'irrigation recommandée : (Pertot W.J. et Simon S., 2004)

- Après réalisation de la cavité d'accès, cette dernière est rincée abondamment avec de l'hypochlorite de sodium, elle constituera ainsi un réservoir qui devra être continuellement rempli de solution d'irrigation.
- Lors de la pénétration initiale, une fine couche de gel chélatant d'EDTA (Glyde File Prep®) est déposée sur les limes manuelles afin de lubrifier et de faciliter leur travail.
- Une fois la pénétration initiale réalisée, une irrigation à l'hypochlorite de sodium est réalisée (concentration de 0,5% à 5,25%).
- Le gel chélatant est ensuite déposé sur la première lime rotative (ou dans le canal directement) et cette dernière commence son travail d'élargissement homothétique.
- Suite au passage de l'instrument rotatif, une irrigation à l'hypochlorite de sodium est immédiatement réalisée.

Ces deux gestes (irrigation à l'hypochlorite de sodium et mise en place de gel chélatant) seront répétés en alternance pendant toute la préparation canalaire.

- Une fois la mise en forme terminée, l'hypochlorite de sodium est aspirée du canal, et ce dernier est irrigué avec 1ml d'EDTA liquide pendant 2 minutes. Son action pourra être optimisée à l'aide de lime fine à ultrasons.
- Un rinçage abondant à l'hypochlorite de sodium est ensuite réalisé afin d'éliminer complètement l'EDTA.
- Le canal est aspiré puis séché avec les points de papier stériles. Le canal est alors prêt pour l'obturation.

II. 3. 4. Asséchement

Cette étape est obligatoire et doit faire suite à toute préparation canalaire, que le canal soit obturé immédiatement ou non, elle se fera à l'aide de cône en papier stérile de même diamètre que le dernier instrument ayant travaillé le canal. Le cône

de papier est laissé en place quelques secondes afin d'absorber les fluides intra-canaux.

Cette opération est ensuite répétée jusqu'à l'obtention de deux retraits consécutifs de cônes papier totalement propres et secs.

II. 4. Obturation canalaire tridimensionnelle et étanche

II. 4. 1. Les matériaux

Pour permettre un remplissage adéquat du système endodontique, le matériau d'obturation ne doit pas être trop rigide. Les cônes d'argent et de résine sont donc à proscrire de ce fait.

De la même façon, un système endodontique rempli uniquement avec du ciment propulsé au Lentulo® ne permet pas d'obtenir un résultat satisfaisant de par les risques de dépassement, les défauts d'étanchéité et de l'absence de stabilité dimensionnelle.

Seul un matériau compactable, foulé dans un maximum d'irrégularités du système canalaire est une solution satisfaisante. La gutta-percha est le matériau de choix pour l'obturation canalaire mais n'adhérant pas aux parois dentinaires des canaux, un fin film de ciment est mis en place et joue le rôle de joint d'étanchéité entre la gutta-percha et la dentine.

II. 4. 1. 1. Les ciments endodontiques

Le ciment endodontique utilisé lors d'un traitement canalaire est le matériau destiné à établir un joint le plus étanche possible entre la gutta-percha et les parois canaux. Il participe également à l'obturation du réseau canalaire (canaux latéraux, isthmes, canaux accessoires, delta apicaux...) et assure une action lubrifiante sur les cônes de gutta-percha. Le film de ciment doit être le plus fin possible pour permettre une bonne étanchéité tout en évitant un échec endodontique.

Aucun des ciments endodontiques existants actuellement n'assure une herméticité apicale, clé majeure de toute réussite endodontique. Dans cette mesure, aucun ciment n'est idéal, mais tous présentent des avantages et des inconvénients.

Le choix du ciment canalaire est basé essentiellement sur ses propriétés physico-chimiques :

- Temps de prise rapide.
- Rétraction volumétrique faible à la prise.
- Viscosité suffisante pour provoquer une poussée hydraulique adéquate lors du compactage de la gutta-percha.
- Radio-opacité.
- Action antiseptique, bactériostatique.
- Stabilité dimensionnelle.
- Tolérance biologique, non mutagène, non carcinogène.
- Bonne adaptation aux parois assurant une bonne étanchéité.
- Soluble dans les solvants pour permettre la désobturation.
- Tension superficielle et fluidité permettant l'obturation des tubulis et des canaux accessoires.

Il existe plusieurs types de ciments canalaires.

II. 4. 1. 1. 1. Les ciments endodontiques à base de mélange oxyde de zinc eugénol

Les eugénates (Pulp Canal Sealer® de KerrEndo, Sealite® de Pierre Roland) sont les ciments d'obturation canalaire les plus fréquemment retrouvés dans les cabinets, ils sont essentiellement composés par de l'oxyde de zinc (poudre), de l'eugénol (liquide) et par de nombreux adjuvants.

Ils présentent une bonne biocompatibilité à moyen et long termes ainsi que des propriétés analgésique, anti-inflammatoire à faible dose, bactéricide et antifongique. Leur toxicité initiale due à l'eugénol diminue et disparaît avec le temps. Ils présentent de bonnes propriétés rhéologiques (déformation et écoulement de la matière sous l'effet d'une contrainte appliquée), une faible solubilité, une faible contraction de prise et une bonne étanchéité. De plus une liaison chimique s'établit

entre l'oxyde de zinc contenu dans la gutta-percha et l'eugénol du ciment renforçant considérablement la stabilité du scellement.

Leur inconvénient majeur réside dans leur faible adhésion avec les parois dentinaires. Ils peuvent également entraîner une coloration grise de la dent due à l'argent présent dans leur composition.

II. 4. 1. 1. 2. Les ciments endodontiques à base d'hydroxyde de calcium

A base d'hydroxyde de calcium (Sealapex®, Apexit Plus®) ou d'oxyde de calcium (Endo-Calex®, Biocallex®).

Ces ciments d'obturation sont bien tolérés et favorisent la cicatrisation apicale par la formation d'un néocément. Ils pourraient cependant être à l'origine d'une inflammation apicale. Ils sont légèrement bactériostatiques.

Leur inconvénient reste leur résorption à long terme qui conduit à une perte d'étanchéité.

II. 4. 1. 1. 3. Les ciments endodontiques à base de polymère résineux

Il s'agit de ciment de type bakélite (Spad®) ou époxy (AH Plus® ou AH 26® de Dentsply-Detrey).

Essentiellement composés de phénol et de formol, ils présentent une bonne biocompatibilité, une bonne étanchéité, de bonnes propriétés mécaniques d'adhérence et une bonne résistance à la résorption. Ce sont toutefois les plus cytotoxiques parmi les différentes familles de ciment.

Leur inconvénient de taille est leur insolubilité en cas de nécessité de retraitement : ils sont alors très durs et impénétrables. Ils doivent donc être systématiquement utilisés en association avec une ou plusieurs pointes de gutta-percha et non en remplissage canalaire.

II. 4. 1. 1. 4. Les ciments endodontiques à base de verre ionomère

Les ciments endodontiques à base de verre ionomère du type du Kétac Endo® de chez Espe sont composés essentiellement par des alumino-silicates fluorés (poudre) et par des copolymères d'acide polyacrylique (liquide). Ils présentent une bonne biocompatibilité, de bonnes propriétés mécaniques d'adhérence et une bonne résistance même en faible épaisseur. Ils ont également un effet bactéricide par libération de fluorures (effet décroissant dans le temps).

Leurs inconvénients sont leur sensibilité aux conditions de prise (état d'humidité des canaux lors de l'obturation par exemple) et leur faible résorbabilité et solubilité entraînant de grandes difficultés à reprendre le traitement endodontique.

II. 4. 1. 1. 5. Les ciments endodontiques à base de silicone

Les ciments endodontiques à base de silicone que l'on peut trouver dans le commerce sont le RSA® de Roeko et le GuttaFlow®.

Les propriétés physiques du silicone (propriétés adhésives, insolubilité et stabilité chimique) ont conduit certains auteurs à utiliser un silicone additionné de sulfate de baryum pour obtenir la radio-opacité. Les études se poursuivent sur ce matériau récent. Il n'y a pas encore beaucoup de recul clinique mais les premiers résultats sont très encourageants. Ce serait notamment la classe de ciment la moins cytotoxique (Bouillaguet et coll., 2004).

	Oxyde de zinc Eugénol	Hydroxyde de calcium	Verre ionomère	Résine
Temps de prise	+		+	+
Insolubilité		+	+	+
Adhésion à la dentine			+	+
Adhésion à la gutta-percha	+			++
Possibilité de retraitement	+	+		
Effet bactéricide	+	+	+	
Insensibilité à l'humidité	++	+	+	

Tableau 1. Propriétés des familles de ciment de scellement canalaire (Les Dossiers de l'ADF, 2003)

II. 4. 1. 2. La gutta-percha

Seuls les cônes de gutta-percha répondent aux critères qualitatifs d'une obturation endodontique (Beatty et coll., 1989). Gutta-percha et ciment de scellement canalaire sont les deux matériaux indispensables pour une bonne obturation.

La gutta-percha est un polymère naturel d'isoprène extrait de la résine et des feuilles d'arbres poussant principalement dans le sud-est asiatique (Palaquium Gutta). La gutta-percha naturelle est très semblable au caoutchouc naturel, tous deux sont des polymères complexes d'isoprène. Le caoutchouc naturel est un poly-isoprène présentant une configuration isomérique « 1-4 cis » aux chaînes carbonées complexes lui conférant ses propriétés élastiques. La gutta-percha est quant à elle un poly-isoprène présentant une configuration isomérique « 1-4 trans » aux chaînes plus rectilignes lui conférant une rigidité plus importante (Matériaux et techniques d'obturation endodontique, Les Dossiers de l'ADF 2003).

La gutta-percha naturelle est de couleur blanche, elle est dure et friable la rendant inutilisable en endodontie tant qu'elle n'est pas traitée et mélangée à d'autres composés. La gutta-percha que l'on utilise au cabinet n'est en réalité composée que d'environ 20% de gutta-percha naturelle, sa composition moyenne est la suivante :

- gutta-percha pure : 18,9 à 21,8%
- oxyde de zinc : 59,1 à 78,3%
- sulfate de baryum 2,5 à 17,3% (radio-opacité)
- cires : 1 à 4,1% (agent plastifiant)
- colorants et antioxydants : 3%

Pour obtenir le produit final, le polymère naturel de gutta-percha est soumis à plusieurs cycles thermiques. Le produit final est alors caractérisé par des chaînes de polymères complexes et désordonnées, donnant les propriétés définitives du matériau. Cette configuration stéréo-isomérique est alors identifiée par Bunn (1942) comme la phase β .

La phase β n'est cependant pas la seule configuration stéréo isomérique de la gutta-percha ; en effet, avant traitement thermique les chaînes de polymères sont

régulièrement arrangées en phase α . Durant cette phase, la gutta-percha est dure et friable à l'état solide, mais se ramollit rapidement après thermo-plastification.

La forme α correspond donc à la forme naturelle de la gutta-percha alors que la forme β correspond à sa forme commerciale. Ces deux phases ne diffèrent pas par leur propriétés mécaniques mais par leurs propriétés thermiques et volumétriques.

Il existe plusieurs présentations commerciales de la gutta-percha à usage endodontique :

- Les cônes normalisés correspondants en principe à la normalisation des instruments endodontiques. La conicité augmente de 0,02 millimètre par millimètre de longueur et ces cônes sont proposés en taille ISO 15 à 140.
- Les cônes non normalisés, de plus grande conicité, existant en taille extra-fine, fine-fine, medium-fine, fine, fine-medium, medium, medium-large, large et extra-large. Les cônes fine-médium et les cônes medium suffisent dans 95% des cas (Buchanan, 1995).
- Sous forme commerciale propre à chaque technique (bâtonnets, canules, seringues ou encore autour d'un tuteur).

II. 4. 1. 2. 1. Propriétés thermiques

En fonction de la température du matériau, les phases α et β sont interchangeables :

- Entre 42°C et 53°C, la phase β se transforme en phase α .
- Entre 53°C et 62°C, la phase α se transforme en phase amorphe.
- A approximativement 80°C, le polymère fond totalement.
- Pendant son refroidissement, la gutta-percha se cristallise à nouveau et revient sous sa forme β . Ce passage de phase α à phase β s'accompagne d'une rétraction importante de la gutta-percha. Plus la température de chauffage sera élevée et plus la rétraction sera importante.

Les températures de transition diffèrent et peuvent varier de plusieurs degrés en fonction du fabricant (Schilder et coll., 1974).

La rétraction de la gutta-percha au refroidissement peut engendrer un hiatus entre elle-même et la paroi dentinaire laissant ainsi place à la micro-infiltration. La littérature a donc recommandé l'ajout de gutta-percha chaude en plusieurs étapes. Chaque ajout de gutta-percha devrait être suivi d'un compactage avec un fouloir pour maintenir une pression apicale, les ajouts ne devant pas excéder 10mm (Johnson et coll., 1999).

II. 4. 1. 2. 2. Propriétés biologiques

- Les cônes de gutta-percha sont biocompatibles (Schilder, 1974).
- Propriété anti-bactérienne grâce à l'ajout d'oxyde de zinc (Camp et coll., 1989).
- Non résorbable, un dépassement de gutta-percha dans le péri-apex pourra être susceptible d'entraîner une réaction antigène-anticorps malgré la biocompatibilité (Léonardo et coll., 1990).

II. 4. 1. 2. 3. Propriétés physico-chimiques

- Oxydation : les cônes sont à conserver au frais et à l'abri de la lumière pour éviter qu'ils ne s'oxydent et ne deviennent cassants.
- Solubilité : la gutta-percha est insoluble dans l'eau et dans l'alcool. On peut toutefois la dissoudre à l'aide de solvants organiques comme lors des retraitements endodontiques.
- Compressibilité : elle permet au matériau de s'adapter aux parois canalaires lors d'un compactage. Mais elle ne permet pas à la gutta-percha d'assurer seule le scellement endodontique (Schilder, 1974).
- Plasticité : l'oxyde de zinc présent dans la composition de la gutta-percha commerciale en est responsable. Elle permet au matériau de se déformer et de s'étirer sans se rompre. Une fois déformée, la gutta-percha ne revient plus à sa forme initiale.
- Rigidité : la gutta-percha présente une rigidité plus importante que son cousin le caoutchouc lui permettant de ne pas se plier lors de l'introduction du cône dans le canal. Cette rigidité est très variable d'un fabricant à l'autre et est plus importante à basse température (Gurney et coll., 1971).

- Viscosité : elle est inversement proportionnelle à la température. A température élevée, la gutta se fluidifie et permet d'atteindre plus facilement les irrégularités canalaire (Cantatore et coll.,1994).

A noter que la plupart des systèmes actuels est considérée comme de la gutta-percha en phase α , en réalité ce sont des composés hybrides caractérisés par la présence des trois phases cristallines α , β et amorphe (Thermafil®, Ultrafil 3D®, MicroSeal®...). Leurs propriétés en sont donc modifiées :

- Possibilité d'être rechauffées plusieurs fois contrairement à une phase α très instable.
- Température de fusion 10°C plus basse que la phase α .
- Spectres identiques à ceux de la phase β en résonance magnétique.
- Spectres infrarouges différents mettant en évidence les trois phases cristallines.

II. 4. 2. Principes des techniques d'obturation classiques

Par « classiques », nous entendons les techniques d'obturation utilisant gutta-percha et ciment de scellement canalaire comme seuls matériaux. Tous les autres procédés (obturations aux cônes d'argent, avec des matériaux résineux ou à la pâte seule) ont été volontairement écartés au vue de leur non conformité avec les données actuelles de la science.

Les techniques d'obturations canalaire classique, que l'on pourrait qualifier de désuettes, se basent sur l'utilisation d'un bourre-pâte (Lentulo®). Ce dernier permet « d'asperger » le canal de ciment de scellement endodontique avant l'introduction du ou des cônes de gutta-percha.

La plus simple d'entre elles consiste à introduire un seul cône, d'où son nom de technique mono-cône. Cette technique encore très utilisée de nos jours, présente un grand nombre d'inconvénients :

- Aucun contrôle apical n'est possible, le cône de gutta-percha utilisé peut très facilement se plier à cause des contraintes de frottements rencontrées avec le ciment d'obturation présent en masse.

- La pression hydraulique exercée est trop faible pour pouvoir propulser convenablement les matériaux d'obturations dans les canaux accessoires et secondaires et ce même avec des cônes normalisés.
- La présence importante de ciment d'obturation est une marque de mauvaise étanchéité canalaire à court terme (rétraction du matériau) comme à moyen terme (résorption du matériau).

La deuxième technique « classique » est celle par condensation latérale à froid. Cette technique a été considérée pendant longtemps comme la technique de référence. Elle corrige la majorité des défauts de la technique mono-cône mais présente toutefois des inconvénients :

- L'utilisation de Lentulo® (ou la mise de ciment sur toute la longueur du maître cône) entraîne toujours une masse trop importante de ciment d'obturation canalaire aboutissant à des défauts d'étanchéité à court ou moyen terme.
- Cette technique longue et fastidieuse est souvent difficile à mettre correctement en oeuvre (anatomie canalaire fine, courbe, gestion de la pression de compactage manuel...) aboutissant dans tous les cas à des vides endodontiques.

En résumé, les techniques classiques comblent le manque de gutta-percha dans les zones canales complexes par une masse importante de ciment d'obturation plus fluide pouvant remplir ces dernières. Leur inconvénient majeur résulte dans cet excès de ciment, aboutissant nécessairement à une perte d'étanchéité à plus ou moins long terme.

II. 4. 3. Principes des techniques d'obturation actuelles

Les techniques d'obturations actuelles se basent quant à elles sur trois impératifs de qualité :

- La densité : obtenue grâce à l'apport de chaleur et de compactage mécanisé permettant d'obtenir un maximum de gutta-percha dans un minimum d'espace.
- L'étanchéité : en diminuant au maximum la quantité de ciment d'obturation au profit de la gutta-percha.
- La pérennité : par le traitement de la totalité du système canalaire, de toutes ses ramifications et de ses particularités.

La première d'entre elles est la technique de condensation verticale à chaud , également appelée technique de condensation verticale en vagues multiples. Cette technique est encore considérée par un très grand nombre de praticiens comme étant la technique de référence en endodontie. La technique n'a pas varié depuis sa description par Schilder en 1974 et reste toujours aussi performante. Une seule amélioration a été apportée, concernant la source de chaleur qui, de la flamme, est passée à une source de chaleur électrique (Touch'n Heat® ou System B®).

Actuellement, on peut classer en quatre groupes ces nouvelles techniques d'obturation canalaire :

- Les techniques de thermocompactage
- Les systèmes avec tuteurs
- Les systèmes par vague de chaleur
- Les systèmes par injection

En résumé, il semble que l'obturation endodontique évolue vers une meilleure utilisation de la gutta-percha, par l'apport de la chaleur et de la pression, mais également par la simplification progressive de l'acte afin d'obtenir des résultats plus biologiques, plus précis, pérennes et rapides à mettre en oeuvre.

III. L'obturation canalaire de nos jours

III. 1. Présentation des techniques actuelles

L'obturation canalaire est l'étape ultime du traitement endodontique. Elle doit assurer la pérennité des manoeuvres de nettoyage et de mise en forme du système canalaire. Actuellement, plusieurs techniques sont proposées faisant toutes appel à la gutta-percha associée à un ciment endodontique. L'introduction de la rotation continue en endodontie pour la mise en forme des canaux a engendré l'apparition de nouvelles techniques d'obturation adaptées aux formes obtenues.

III. 1. 1. Les techniques de thermocompactage

III. 1. 1. 1. Technique combinée : compactage latéral et thermocompactage

Matériel :

- Cônes de gutta-percha non normalisés ou normalisés
- Fouloirs à compactage latéral et vertical
- Thermocompacteurs (Gutta Condensor® en diamètre 25 à 80)

Technique opératoire du thermocompactage :

Le maître cône choisi doit avoir une pointe avec un diamètre supérieur au foramen apical. Pour ce faire on calibrera notre cône à l'aide d'une réglette endodontique à LT-1mm. Puis les contrôles visuel, tactile et radiographique seront effectués.

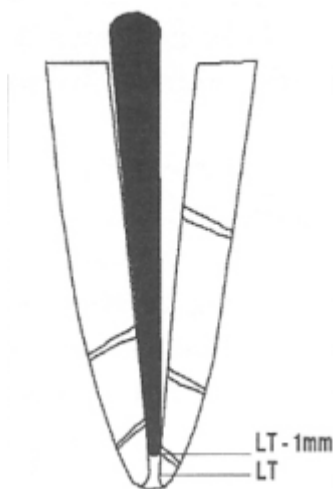


Figure 1. Thermocompactage. Maître cône en place (Dossier de l'ADF 2003).

Le compacteur doit quant à lui avoir environ le même diamètre que la dernière lime apicale maîtresse. On l'introduira à vide dans le canal avant de commencer l'obturation pour s'assurer qu'il ne bloque à aucun moment.

Une fois le canal séché, les parois canalaires sont recouvertes d'une faible couche de ciment de scellement canalaire. Le maître cône sera ensuite introduit à LT-1mm après avoir été enduit de ciment sur son extrémité.

Vient ensuite l'utilisation du compacteur, ce dernier est introduit à l'arrêt le long du maître cône jusqu'à ressentir une légère friction. Le micro-moteur est alors mis en route à une vitesse de 8000 à 10 000 tr/min (nécessaire à la plastification de la gutta-percha) dans le sens horaire.

Le ramolissement de la gutta-percha se fera sentir par une diminution de sa résistance, on passera alors le compacteur en direction apicale jusqu'à LT-1,5mm environ. Le compacteur est laissé dans cette position pendant 5 à 10 secondes pendant que le maître cône s'enfonce dans le canal. Le compacteur, toujours en rotation, est ensuite remonté lentement en longeant une paroi canalaire pour éviter tout vide dans l'obturation.

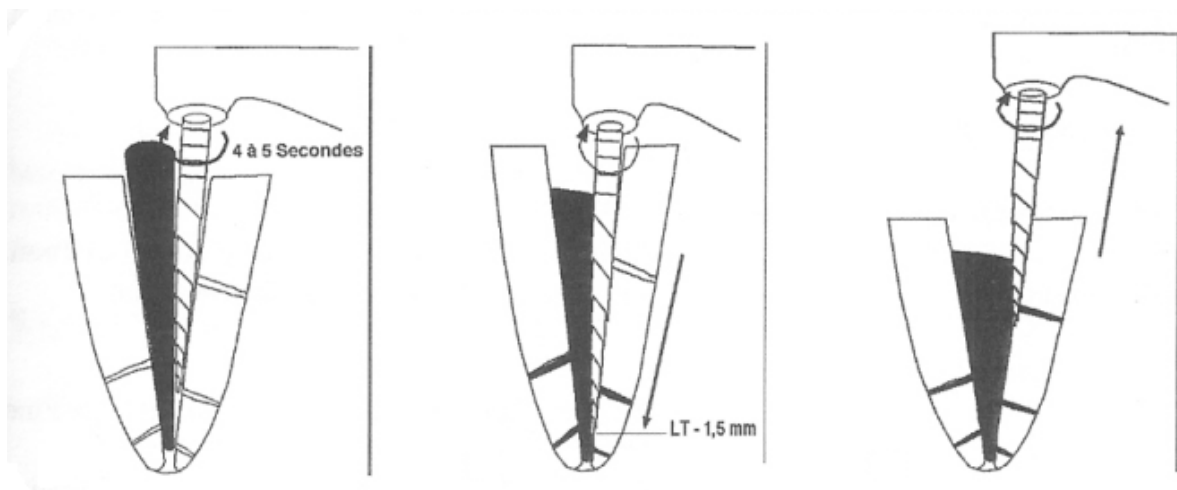


Figure 2. Thermocompactage. Phase de descente et de remontée (Dossier de l'ADF 2003).

Dans le cas d'un canal large, si ce dernier n'est pas complètement rempli suite au premier passage du compacteur, on introduira un ou plusieurs cônes de gutta-percha dans l'espace disponible puis un second compacteur d'un diamètre environ quatre tailles au-dessus du premier sera utilisé de la même manière pour obturer la partie coronaire du canal.

Une fois fini, on réalise un compactage vertical manuel à l'aide d'un fouloir.



Figure 3. Thermocompactage. Compactage vertical (Dossier de l'ADF 2003).

Un contrôle radiographique est de rigueur afin de s'assurer de la qualité du traitement endodontique réalisé.

Technique combinée ou mixte :

La technique du thermocompactage décrite par J.T. Spadden en 1978 utilisant une instrumentation rotative pour plastifier et compacter la gutta-percha dans le système canalaire est encore largement utilisée de nos jours et des modifications y ont été apportées.

Le thermocompactage simple est très rapide et très efficace, cette technique serait adaptée à la pratique quotidienne du compactage de gutta-percha si sa maîtrise n'était pas délicate de par les risques de fractures instrumentales et de dépassements de matériau d'obturation dans le périapex.

Ces problèmes ont donné le jour à une solution : la technique combinée ou mixte. Cette technique consiste en l'association du compactage latéral à froid et du thermocompactage du maître cône.

La technique opératoire est la même que celle du thermocompactage mais l'utilisation d'un fouloir latéral de même calibre que la lime apicale maîtresse est faite juste avant de passer le premier compacteur. Ce passage permet de fouler la gutta-percha apicale et de créer un bouchon situé à la longueur de travail. Cela permet

d'avoir une obturation étanche sur les tiers apicaux des canaux courbes où les compacteurs ne peuvent pas être introduits et d'éviter une poussée de gutta-percha au-delà de l'apex.

Avantages :

- Technique fiable et reproductible.
- Contrôle et maîtrise de l'obturation du tiers apical.
- Les deux tiers coronaires sont obturés rapidement et sans risque en condensation thermomécanique.
- Technique plus simple à appréhender que le thermocompactage simple.
- Permet de limiter les dépassements de matériaux et les risques de fractures instrumentales.
- Permet l'obturation des courbures canalaire modérées grâce au compactage latéral.
- Coût relativement faible

Inconvénients :

- Les courbures canalaire sévères, les canaux accessoires et culs-de-sac se situant dans le tiers apical ne sont pas toujours obturés convenablement, empêchant une bonne obturation tridimensionnelle.
- Durée d'obturation plus longue que certaines autres techniques actuelles.

III. 1. 1. 2. Le système Microseal®

Cette technique est la dernière innovation de J.T. Mac Spadden en ce qui concerne l'obturation canalaire. Elle combine compactage latéral et utilisation de fouloirs latéraux et compacteurs en nickel-titane.



Figure 4. Système Microseal® (<http://www.sybrondental.com>).

Matériel :

- Cônes de gutta-percha basse viscosité
- Cartouche de gutta-percha Microseal basse viscosité
- Réchauffeur de gutta-percha avec seringue porte cartouche
- Spreader et compacteurs en nickel-titane
- Fouloir vertical de gros diamètre

Technique opératoire :

Après une préparation canalaire exhaustive, on passe au choix et à l'essayage du maître-cône avec triple contrôle, visuel, tactile et radiographique de la longueur de travail.

Le spreader et le compacteur sont ensuite choisis de façon à pouvoir pénétrer dans le canal sans frottement ni friction jusqu'à LT-1mm.

La conicité du maître cône et des instruments sera directement liée à la conicité de la préparation canalaire réalisée. Mac Spadden préconise toutefois l'utilisation de cônes de conicité 2% avec des fouloirs et spreader de conicité 4%.

Après avoir séché le canal, le maître cône enduit de ciment de scellement canalaire sera introduit jusqu'à la longueur de travail. Le compactage latéral de ce dernier sera ensuite réalisé avec un spreader portant un stop à LT-2mm soit manuellement soit en rotation à une vitesse de 340 tr/min sans pression excessive.

On utilisera ensuite le condenseur en nickel-titane après l'avoir recouvert d'une fine couche uniforme de gutta-percha en phase α prélevée dans une cartouche

préchauffée. Il est ensuite introduit dans le canal à LT-2mm dans l'espace laissé libre par le compactage latéral.

La rotation est lancée à 6500 tr/min, sans exercer de pression en direction apicale mais en évitant le retrait coronaire du condenseur. Puis le condenseur sera ramené coronairement après deux secondes, toujours en rotation, en prenant appui sur une paroi canalaire.

Les excès de gutta-percha seront ensuite retirés et un compactage vertical sera réalisé avec un plugger de gros diamètre.

Un contrôle radiographique est de rigueur afin de s'assurer de la qualité du traitement endodontique réalisé.

Avantages :

- Obturation fiable et reproductible.
- Obturation tridimensionnelle sur toute la longueur de travail par moulage sur les parois canalaires d'une gutta-percha basse viscosité réchauffée.
- Contrôle de la limite d'obturation par le biais de l'ajustage d'un maître cône permettant de minimiser les risques d'extrusion.
- Faible risque de fracture instrumentale.
- Permet de négocier les courbes sévères et les variations anatomiques grâce à l'utilisation de fouloirs et de condenseurs en nickel-titane.
- Ces nouvelles techniques d'obturation sont toutes parfaitement codifiées.

Inconvénients :

- Apprentissage difficile.
- Durée d'obturation plus longue que certaines autres techniques actuelles (deux temps).
- Coût important.

III. 1. 1. 3. Le système J.S.Quick-Fill®

Ce système utilise un instrument en rotation continue pouvant être assimilé à une lime K inversée en titane. La gutta-percha positionnée sur l'instrument va ainsi pouvoir être reheaufée et propulsée vers l'apex.



Figure 5. Système Quick-Fill® (<http://www.denmedpro.com>).

Matériel :

- Tuteur Quick-Fill® en titane (assimilé à une lime K inversée).
- Fouloir vertical de gros diamètre.

Technique opératoire :



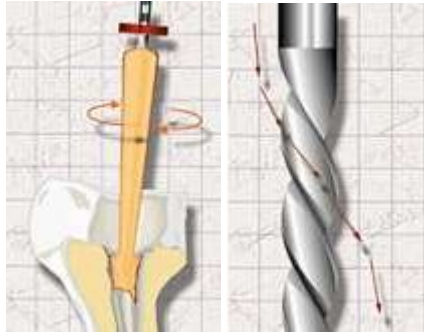
Une fois la préparation canalaire réalisée par la méthode de son choix, on choisit l'instrument Quick-Fill®, déjà enrobé de gutta-percha en phase α , en prenant soin de le prendre deux tailles en dessous du dernier instrument de préparation canalaire

Figure 6. Système Quick-Fill®. Choix de l'instrument (<http://www.jsdental.com>).



Après avoir mis un stop à LT-1mm, l'instrument est positionné à l'entrée du canal sans aucune pression.

Figure 7. Système Quick-Fill®. Positionnement de l'instrument (<http://www.jsdental.com>).



On active ensuite le contre-angle avec une vitesse située entre 3000 et 6000 tr/min (rotation dans le sens horaire) tout en exerçant une légère pression. La lime K inversée va ainsi pouvoir projeter la gutta-percha à l'apex.

Figure 8. Système Quick-Fill®. Phase de descente (<http://www.jsdental.com>).



Une fois l'instrument porté jusqu'à son stop, une légère pression est maintenue tout en laissant l'instrument en rotation. Après quelques secondes, l'instrument est doucement retiré afin d'éviter les vides.

Figure 9. Système Quick-Fill®. Phase de remontée (<http://www.jsdental.com>).

Un compactage vertical pourra être réalisé avec un plugger de gros diamètre.



Après contrôle radiographique, si l'apex n'est pas complètement rempli, on pourra réajuster le stop de l'instrument et recommencer le procédé avec la même lime jusqu'à obtention d'un résultat convenable.

Figure 10. Système Quick-Fill®. Phase de thermocompactage supplémentaire si nécessaire (<http://www.jsdental.com>).

Avantages :

- Technique fiable et reproductible.
- Obturation rapide.
- Obturation tridimensionnelle sur toute la longueur de travail par moulage sur les parois canales d'une gutta-percha basse viscosité réchauffée.
- Permet de négocier les courbures modérées.
- Nécessite peu de matériel.

Inconvénients :

- Le tuteur en titane peut se fracturer si les courbures sont trop importantes.
- L'opérateur ne peut pas contrôler les extrusions péri-apicales.
- Coût non négligeable.

III. 1. 2. Les systèmes avec tuteurs

En 1883, S.G. Perry obture les canaux à l'aide d'un fil d'or enrobé de gutta-percha ramollie, mais il faudra attendre un siècle pour que cette technique soit reconnue, améliorée et commercialisée.

III. 1. 2. 1. Le système Thermafil®

Conçu par W.B. Ben Johnson à partir de 1978, cette technique permet une obturation canalaire en un temps très court par un tuteur recouvert de gutta-percha en phase α réchauffée avant son introduction dans le canal.



Figure 11. Système Thermafil® (<http://www.roos-dental.de>).

Matériel :

- Verifier®
- Obturateurs Thermafil®
- Four ThermaPrep Plus®
- Fraise Therma-Cut®
- Fouloirs à compactage vertical de gros diamètre

Technique opératoire :

L'obturateur Thermafil® est constitué d'un tuteur en plastique souple d'une conicité de 4% et comporte une gouttière sur l'une de ses faces afin de faciliter la mise en place d'un ancrage canalaire ou un retraitement canalaire. Il possède également des repères d'enfoncement. Ce support est recouvert de gutta-percha en phase α qui dépasse de l'extrémité du tuteur. Ils existent en diamètres allant de 0,2 mm à 1,4 mm (20 à 140) par 25 mm de long.

Contrairement aux deux techniques précédentes, il n'y a pas d'ajustage d'un maître-cône. La conicité de la préparation est vérifiée grâce à une jauge métallique en nickel-titane, le Verifier®, de dimension équivalente au tuteur mais non recouvert de gutta-percha et de conicité 4%. Ce dernier doit atteindre la longueur de travail avec une légère friction.



Figure 12. Système Thermafil® : Verifier® (<http://www.roos-dental.de>).

L'obturateur correspondant au Verifier® est laissé dans l'hypochlorite de sodium avant son utilisation. Une fois le canal séché, le Thermafil® séché est mis en chauffe dans le four Thermaprep Plus®. On dépose pendant ce temps une goutte de ciment canalaire à l'entrée du canal à obturer à l'aide d'une sonde droite. Une fois prêt, l'obturateur est inséré dans le canal dans un mouvement apical, linéaire et lent mais ferme et continu. Une fois la longueur de travail atteinte, la pression est maintenue durant 5 à 7 secondes pour compenser la rétraction de prise de la gutta-percha au refroidissement.

Le tuteur est ensuite sectionné sans spray avec la fraise Thermo-Cut® à grande vitesse. La friction induira une chaleur suffisante à la fonte du tuteur plastique et le sectionnera.

Une fois fini, un compactage vertical de la gutta-percha ramollie autour du tuteur viendra terminer l'obturation.

Un contrôle radiographique est de rigueur afin de s'assurer de la qualité du traitement endodontique réalisé.

Avantages :

- Technique fiable et reproductible.
- Apprentissage facile.
- Obturation très rapide.
- Obturation tridimensionnelle sur toute la longueur de travail grâce à la viscosité de la gutta-percha réchauffée lui permettant une bonne adaptation aux parois canalaires.
- Permet de négocier les courbes sévères et les variations anatomiques.
- Pas de fracture instrumentale.

Inconvénients :

- Risque d'extrusion important.
- Coût non négligeable.

III. 1. 2. 2. Le système Herofill®

Le système Herofill® est comparable au Thermo-Cut®. Le tuteur plastique présente une conicité de 2% et est monté sur un manche réglable en longueur. Les jauges de vérification (Herofill Verifier® 2%) sont en plastique. Le protocole reste semblable à celui du Thermo-Cut®.



Figure 13. Système Herofill® (<http://www.ecodentaire.fr>).

III. 1. 2. 3. Le système Soft Core®

Le système Soft-Core® est une autre technique également comparable au Thermafil®. Les tuteurs enrobés de gutta-percha correspondent aux proportions ISO (organisation internationale de normalisation) des dernières limes de préparations canalaires. Le protocole reste semblable à celui de Thermafil®.



Figure 14. Système Soft Core® (<http://www.dentalproductshopper.com>).

III. 1. 2. 4. Le système Simplifill®

SimpliFill® est le seul système à tuteur où le tuteur n'est pas laissé dans le canal. Les tuteurs sont effectivement des obstacles au retraitement ou à la reconstitution corono-radulaire malgré les gouttières élaborées dans ces derniers.

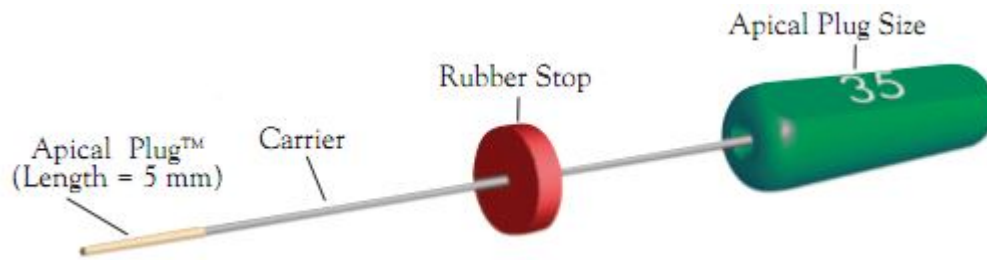


Figure 15. Système SimpliFill® (Light Speed® : LSX and Simplifill® Technique Guide).

Matériel :

- Système de rotation continue spécifique (LightSpeed Rotary®).
- Obturateurs SimpliFill®.
- Fouloirs à compactage vertical de gros diamètre.
- Système de Backfill® (Obtura II®, thermocompactage...).

Technique opératoire :

Cette technique se passe en deux temps opératoires. Le préparation canalaire se fait de préférence avec le système LightSpeed Rotary®. Une fois faite, un tuteur enrobé de gutta-percha (phase alpha) sur ses cinq derniers millimètres apicaux et ayant les mêmes proportions ISO que les derniers instruments de préparations canalaires est introduit dans le canal. Une fine couche de ciment canalaire aura été préalablement mise en place sur le tuteur et dans le canal à l'aide d'un cône de papier.

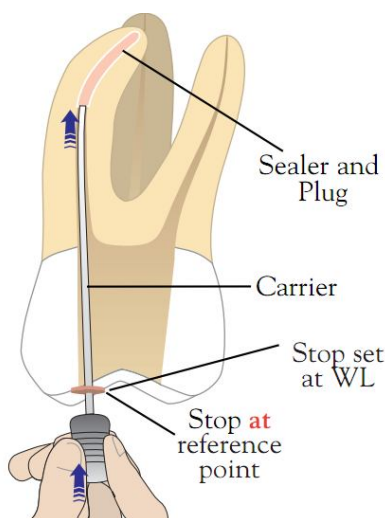


Figure 16. Système SimpliFill®. Mise en place du plug de gutta-percha (Light Speed® : LSX and Simplifill® Technique Guide).

Une fois en place, le tuteur est retiré par un léger mouvement de rotation (quatre tours dans le sens inverse des aiguilles d'une montre), laissant en place un bouchon de gutta-percha dans les cinq derniers millimètres apicaux.

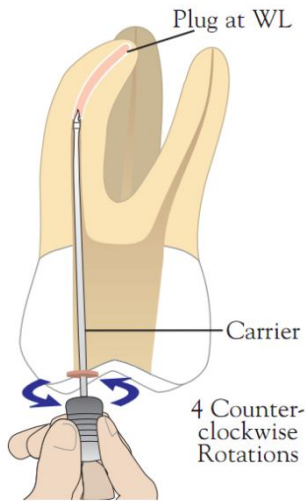


Figure 17. Système SimpliFill®. Mise en place du plug de gutta-percha (Light Speed® : LSX and Simplifill® Technique Guide).

La seconde phase consiste à remplir l'espace coronaire du canal par thermocompactage ou par injection de gutta-percha chaude (Obtura II® / Ultrafill 3D®) .

Un contrôle radiographique est de rigueur afin de s'assurer de la qualité du traitement endodontique réalisé.

Avantages :

- Technique fiable et reproductible.
- Pas de fracture instrumentale
- Faible risque d'extrusion si le canal est convenablement préparé.
- Obturation apicale contrôlée.
- Pas de force de compactage (spreader) évitant ainsi les dépassements de matériaux.
- Permet de négocier les courbes sévères.
- Pas de tuteur laissé en place comme les autres techniques avec tuteur.

Inconvénients :

- Deux phases opératoires
- Apprentissage difficile.
- Coût non négligeable

III. 1. 3. Les systèmes par vague de chaleur

La technique de Schilder ne sera volontairement pas décrite dans ce chapitre, nous parlerons directement de ses évolutions actuelles.

III. 1. 3. 1. Le System B® de Buchanan

Le System B® permet de simplifier la technique de compactage vertical à chaud de Schilder. Il combine une phase de réchauffage et de compactage avec un seul et même instrument grâce à l'apport d'une vague continue de chaleur.

Matériel :

- Cônes de gutta-percha non normalisés
- Appareil System B®
- Fouloirs chauffant de Buchanan : Fine, Fine-Médium, Médium, Médium-Large



Figure 18. System B® (J Ordre Dent Québec, 44:173-81, 2007).

Technique opératoire :

Cette technique comporte deux phases : une phase descendante suivie d'une phase de remontée.

- Phase descendante

Le maître-cône est choisi pour atteindre et bloquer à LT-1mm et doit répondre positivement au triple contrôle visuel, tactile et radiographique.

Le fouloir correspondant au maître-cône choisi doit pouvoir descendre à 5-7 mm de la longueur de travail, son extrémité venant légèrement buter contre les parois canalaire. Ces fouloirs possèdent l'avantage, de par le métal qui les compose, de pouvoir être déformés si nécessaire pour passer plus aisément les courbures canalaire.

Après séchage canalaire, les parois sont légèrement enduites de ciment canalaire. Le maître cône est ensuite enduit à son extrémité et placé dans le canal à LT-1mm.

Le System B® est utilisé à 200°C. Grâce à cette chaleur on vient sectionner le cône à l'entrée du canal et on compacte la gutta-percha à l'entrée de ce dernier avec ce même fouloir refroidi.

Le fouloir chauffé (contacteur enfoncé) est descendu dans le canal jusqu'à 2-3 mm de sa limite d'utilisation. La chaleur est ensuite arrêtée (le contacteur relâché, le fouloir se refroidit en 2-3 secondes) et le fouloir est maintenu tout en exerçant une pression permettant de l'amener à sa limite de profondeur. Cette pression est maintenue dix secondes pour compenser la contraction de la gutta-percha lors de son refroidissement. Une impulsion de chaleur est ensuite réalisée pendant une seconde permettant le détachement du fouloir de la gutta-percha et son retrait rapide.

- Phase de remontée

On utilise simplement un cône de gutta-percha correspondant au fouloir utilisé pour remplir l'espace laissé libre par ce dernier. Le fouloir chauffé à 100°C est

enfoncé jusqu'à la moitié de la longueur du second cône. On pourra si nécessaire mettre un troisième cône.

Cette phase de remontée peut aussi être réalisée avec un thermocompactage ou une injection de gutta-percha chaude (Obtura II ®/ Ultrafil 3D®).

Un contrôle radiographique est de rigueur afin de s'assurer de la qualité du traitement endodontique réalisé.

Avantages :

- Technique fiable et reproductible.
- Obturation tridimensionnelle sur toute la longueur de travail grâce à l'apport de chaleur jusqu'au tiers apical.
- Parfaite adéquation entre la conicité des fouloirs et du canal quand la préparation a été réalisée avec des instruments nickel-titane en rotation continue, optimisant ainsi les forces de compactage.
- Permet de négocier les courbes modérées à sévères et les variations anatomiques grâce au réchauffement de la gutta-percha à 200°C permettant une bonne adaptation aux parois canalaire.
- Pas de fracture instrumentale
- Faible risque d'extrusion si le canal est convenablement préparé.

Inconvénients :

- Durée d'obturation plus longue que certaines autres techniques actuelles.
- Coût non négligeable.

A noter que la technique System B® se fait en une seule vague de chaleur comme le préconise le fabricant, contrairement à la technique de Schilder. Des études portées à cet effet ont permis de mettre en évidence l'obtention de meilleurs résultats (moins de vide et plus de gutta-percha) lors de l'utilisation du System B® en vague de chaleur multiple (Villegas et coll., 2004).

III. 1. 3. 2. Le système Touch'n Heat®

Présenté en 1982, c'est le prédécesseur du System B®. La seule différence entre le System B® et le Touch'N Heat® réside dans les embouts en acier inoxydable du System B® : beaucoup plus flexibles et de calibres semblables aux limes endodontiques. Les protocoles opératoires restent identiques.



Figure 19. Système Touch'n Heat® (J Ordre Dent Québec, 44:174, 2007).

III. 1. 4. Les systèmes par injection

III. 1. 4. 1. Injection de gutta-percha chaude : Obtura II® et Ultrafill 3D®

Ces systèmes ont révolutionné le monde endodontique avec l'avènement de la gutta-percha chaude injectable. Utilisés généralement en deuxième vague (en association avec le System B® le plus souvent), ces systèmes permettent d'obtenir des résultats fiables et reproductibles pour une obturation tridimensionnelle de n'importe quelle morphologie canalaire.

Le système Obtura II®

Ce système, actuellement à sa troisième génération, présente la gutta-percha sous forme de « bouts » placés dans un pistolet obturateur et gardés à l'état ramolli à une température préréglée. Le praticien appuie ensuite sur le pistolet pour que cette dernière sorte par une aiguille de diamètre défini au préalable (Baumgardner et coll., 1995 ; De-Deus et coll., 2007 ; De-Deus et coll., 2008).

Une fois la gutta-percha mise en place, l'opérateur pourra la compacter à l'aide de fouloir standard.



Figure 20. Système Obtura II® (J Ordre Dent Québec, 44:175, 2007).

Le système Ultrafill 3D®

Le principe est le même que pour le système précédant mais cette fois-ci la gutta-percha est présentée sous forme de capsules ou en seringues placées dans un appareil chauffant spécialement conçu. Une fois rechauffées, on les introduit dans un pistolet. L'injection manuelle au pistolet suivi du compactage est semblable à celle de l'Obtura II®.



Figure 21. Système Ultrafill 3D® (<http://www.interguidedental.com>).

Avantages :

- Technique fiable et reproductible.
- Obturation tridimensionnelle quelle que soit l'anatomie canalaire.
- Meilleure densité d'obturation.
- La gutta-percha est disponible avec différentes viscosités et divers temps de prise pour l'associer à différentes méthodes d'obturations canalaires.
- Son utilisation en deuxième vague, mais aussi en méthode verticale, en compactage latéral ou même en méthodes hybrides est possible.

Inconvénients :

- Coût non négligeable
- Temps de préparation et de nettoyage après chaque utilisation.

III. 1. 4. 2. Injection de matériaux d'obturation coulable à froid : GuttaFlow®

Le système GuttaFlow® combine ciment et gutta-percha en un seul produit. Il se compose d'une matrice fortement chargée en particules très fines de gutta-percha. Il reste à utiliser comme un ciment en complément de cône de gutta-percha.



Figure 22. Système Gutta-Flow® (J Ordre Dent Québec, 44:177, 2007).

Matériel :

- Cônes de gutta-percha non normalisés.
- Kit du système Gutta-Flow®.
- Mélangeur de capsule classique.

Technique opératoire :

Après avoir soigneusement préparé les canaux radiculaires et parfaitement rincé et séché ces derniers, il faut préparer les maîtres cônes à LT-1mm puis définir la profondeur de remplissage. Pour ce faire on introduit l'embout canalaire dans le système endodontique et on y place un stop correspondant à LT-3 mm (si un contact avec les parois canalaire existe encore, on retire l'embout jusqu'à disparition de la friction).

On prend ensuite une capsule de GuttaFlow® que l'on introduit dans un mélangeur adéquat. On retire ensuite la tige d'activation verte propre au capsule de GuttaFlow® et on insère cette dernière dans le pistolet applicateur muni de l'embout préparé au préalable.

On passe ensuite à la mise en place du matériau dans les canaux jusqu'à ce qu'il soit visible à l'entrée canalaire. On recouvre ensuite un maître cône de GuttaFlow® et on l'insère dans le canal avec un léger mouvement de rotation et de va-et-vient pour bien répartir le matériau.

L'excès de GuttaFlow® doit être éliminé avant le durcissement au moyen d'un pellet de coton et d'une vrille (conseil du fabricant).

Un contrôle radiographique est de rigueur afin de s'assurer de la qualité du traitement endodontique réalisé.

Avantages :

- Technique fiable et reproductible.
- La fine granulométrie ($<0,9 \mu\text{m}$) permet de pénétrer sans problème dans les petits canaux dentinaires.
- Le matériau ne réduit pas mais se dilate légèrement et garde même une certaine élasticité après durcissement.
- Meilleure étanchéité de par la présence de particules de gutta-percha réparties de manière homogène après mélange.
- Grande fluidité même dans les petits canaux latéraux et dentinaires.
- Permet de négocier les courbes sévères.
- Pas de fracture instrumentale

- Pas de source de chaleur pouvant entraîner une inflammation parodontale.

Inconvénients :

- Durée d'obturation plus longue
- Rinçage des canaux à l'alcool pur ou à l'eau stérile pour éliminer tout résidu de solutions de rinçage ou de matériaux d'obturation temporaire pouvant compliquer la prise de GuttaFlow®.
- Coût non négligeable
- Extrusion de matériaux dans le péri-apex

IV. Comparaison des techniques d'obturation canalaire actuelles

IV. 1. Comparaison entre les techniques d'obturation à base de gutta-percha

IV. 1. 1. Pourcentage de remplissage endodontique en gutta-percha (PGFA), en ciment et en vide canalaire

Les études ont montré que la dissolution de ciment canalaire augmentait les fuites le long des parois canalaires après obturation (Gencoglu, 2003). Pour optimiser les résultats, il faut donc un film de ciment canalaire le plus fin possible au profit d'une plus grande quantité de gutta-percha (De Deus et coll., 2006).

Les techniques de condensation latérale à froid et de mono-cône étant encore actuellement les plus utilisées, nous les prendrons en repère pour nos études comparatives.

Les études porteront essentiellement sur les derniers millimètres d'obturation apicale étant donné leur importance en matière d'étanchéité apicale et de risque de fuite.

IV. 1. 1. 1. Analyse du PGFA entre le system B®, le système Thermafil® et le système Obtura II®

Etude de Vasundhara S. et Prashanth B. R. (2006)

- Matériel et Méthode

Quarante incisives centrales maxillaires, préparées en rotation continue à 6% au diamètre 40 et obturées avec quatre différentes techniques, Obtura II®, Thermafil®, System B® (CWC) et mono-cône. Aucun ciment de scellement canalaire n'est utilisé dans cette étude. Les dents sont ensuite sectionnées à 2 et 4mm du foramen apical puis le remplissage endodontique en gutta-percha (PGFA) est calculé.

- Résultats

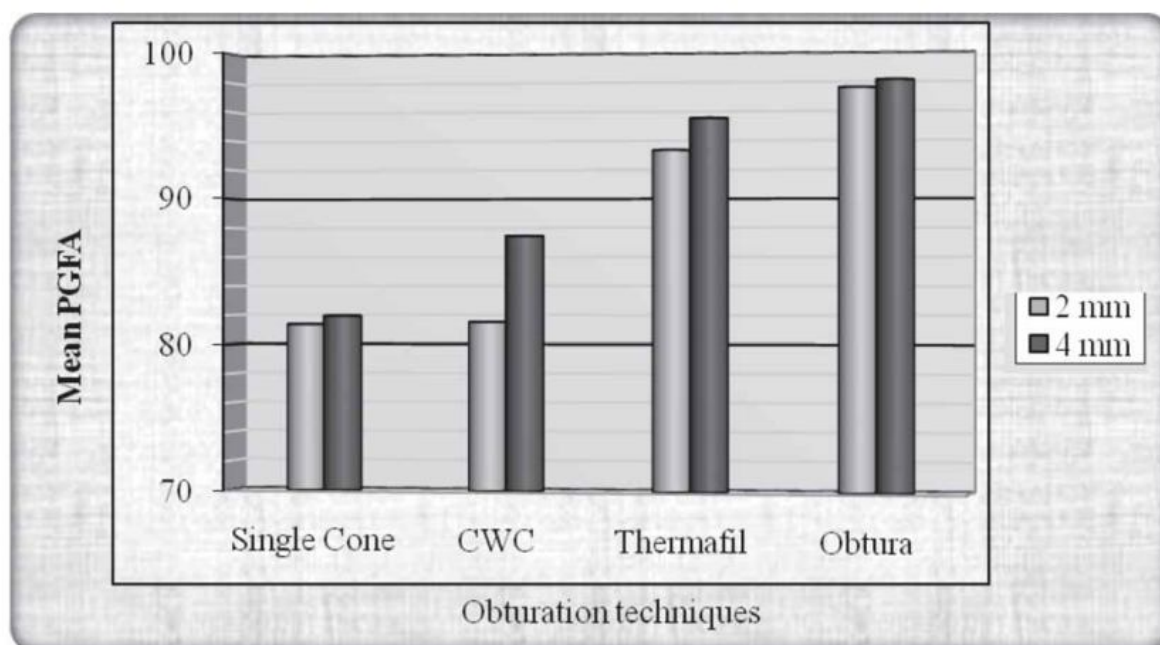


Tableau 2. Comparaison du PGFA entre les différentes techniques d'obturation canalaire (Vasundhara et Prashanth, 2006).

Les résultats expérimentaux démontrent que la technique Obtura II® d'injection de gutta-percha possède un pourcentage de remplissage endodontique en gutta-percha supérieur aux autres techniques endodontiques (également démontré par Andrew et coll., 1986 ; Cheryl et coll., 1991 ; Goldberg et coll., 2000). Les résultats obtenus pour la technique Thermafil® sont plus faibles mais non statistiquement significatifs à ceux de l'Obtura II® (également démontré par Norman et coll., 1997 ; De-Deus et coll., 2007 ; De-Deus et coll., 2006).

Le System B® obtient un PGFA statistiquement plus faible que les deux autres techniques (également démontré par Richard et coll., 2000 ; Wu et coll., 2001 ; Jarret et coll., 2004) mais reste statistiquement plus important que la technique du mono-cône. Le mono-cône reste la technique procurant le plus faible PGFA (également démontré par Kenan et coll., 2001 ; Wu et coll., 2001 ; Christopher et coll., 2005).

IV. 1. 1. 2. Analyse du PGFA entre le System B®, le système Thermafil® et la technique du thermocompactage

Etude de De-Deus G. et coll. (2008)

- Matériel et Méthode

Quatre-vingt-sept canaux ovalaires ont été préparés et obturés avec quatre différentes techniques, Thermafil® (20 dents), System B® (20 dents), thermocompactage (20 dents) et condensation latérale (20 dents). Les dents sont ensuite sectionnées à 5mm du foramen apical puis le remplissage endodontique en gutta-percha (PGFA) est calculé.

- Résultats

Les résultats montrent un PGFA statistiquement plus élevé avec l'utilisation du Thermafil®, du System B® et du thermocompactage par rapport à la technique du compactage latéral. Cependant, à 5mm du foramen apical, aucune différence significative n'est à retenir entre ces trois techniques quant au PGFA.

Une fois encore, cette étude montre que les techniques apportant de la gutta-percha sous forme thermoplastique restent supérieures aux autres, ici le compactage latéral.

IV. 1. 1. 3. Analyse du PGFA et du ciment canalair entre le System B® / Obtura II® et le système Microseal®

Etude de Cathro P.R. et Love R.M. (2003)

- Matériel et Méthode

Dix canaux dans des blocs en plastique ont été préparés en rotation continue à 2% au diamètre 40 puis obturés avec le système Microseal® et du ciment de scellement canalair Kerr EWT sealer® (OzE).

Dix autres canaux ont été préparés parallèlement de la même façon puis obturés avec le System B® en première vague et avec l'Obtura II® en seconde vague avec le même ciment de scellement.

Les blocs ont ensuite été sectionnés tous les millimètres puis le PGFA, le taux de ciment canalaire et le taux de vide canalaire ont été calculés.

- Résultats

Les résultats montrent que le System B® / Obtura II® et le système Microseal® présentent un PGFA identique et une couche de ciment canalaire très fine au premier et second millimètre apical.

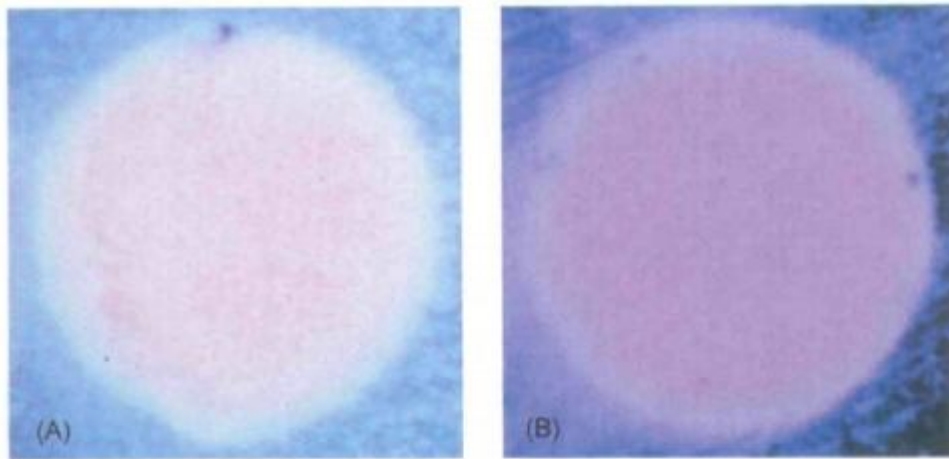


Figure 23. Comparaison du PGFA entre le System B® et le système Microseal® (Cathro et Love, 2003).

Coupe des obturations aux System B® (A) et Microseal® (B) à 1mm montrant un fort pourcentage de gutta-percha avec un minimum de ciment de scellement en périphérie.

Au troisième millimètre, la gutta-percha du système Microseal® commence à se mélanger avec le ciment canalaire et à partir du quatrième et cinquième millimètre apical, on commence à voir beaucoup plus de zones de ciment qu'avec le System B®/Obtura II®.

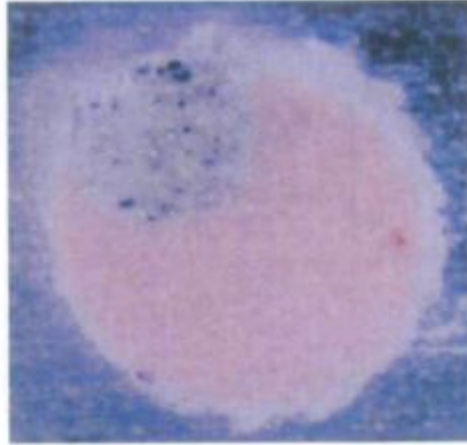


Figure 24. PGFA d'une obturation au système Microseal® (Cathro et Love, 2003).

Coupe d'une obturation au système Microseal® à 4mm montrant une masse importante de ciment de scellement causée par l'incapacité du condenseur à remplir l'espace laissé par le passage du spreader.

Cette différence serait causée par une pénétration insuffisante du spreader dans le canal préparé au préalable (Gani et coll., 2000) ou encore à une incapacité du compacteur à remplir totalement l'espace créé auparavant par le spreader.

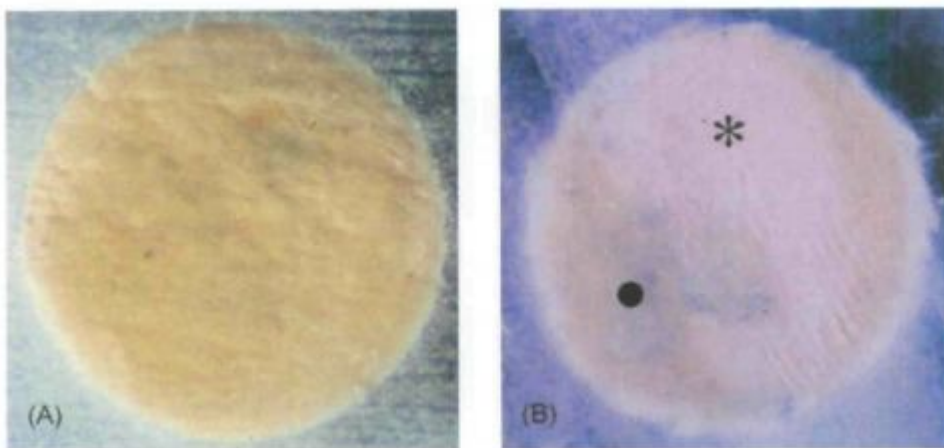


Figure 25. Comparaison du PGFA entre le System B® / Obtura II® et le système Microseal® (Cathro et Love, 2003).

Coupe d'une obturation au System B® / Obtura II® (A) à 6mm montrant une obturation homogène en gutta-percha. A 6mm, le système Microseal® (B) montre quant à lui une obturation hétérogène dissociant une première masse en gutta-percha correspondant au maître cône (*) et une seconde correspondant au mélange de gutta-percha MicroFlow® (seringue) et de ciment de scellement (•).

En conclusion, nous pouvons dire qu'au-delà des trois premiers millimètres apicaux, le système Microseal® présente un remplissage hétérogène constitué de gutta-percha et de ciment canalaire et donc un PGFA moindre que celui obtenu par le System B® / Obtura II®. Effectivement cette dernière technique permet l'obtention d'une obturation homogène de gutta-percha à tous les niveaux avec un minimum de ciment de scellement en périphérie.

IV. 1. 1. 4. Analyse du PGFA, du ciment canalaire et des vides endodontiques entre le System B® et le système Thermafil®.

Etude de De-Deus G. et coll. (2007)

- Matériel et Méthode

Quarante-cinq premières molaires mandibulaires ont été préparées et obturées avec trois techniques différentes, condensation latérale, System B® et Thermafil®. Le ciment de scellement utilisé est le même pour toutes les obturations (Endofill®, OzE). Les dents sont ensuite sectionnées à 4 et 6mm du foramen apical puis le remplissage endodontique en gutta-percha (PGFA), les vides endodontiques et le pourcentage de ciment canalaire sont calculés.

- Résultats

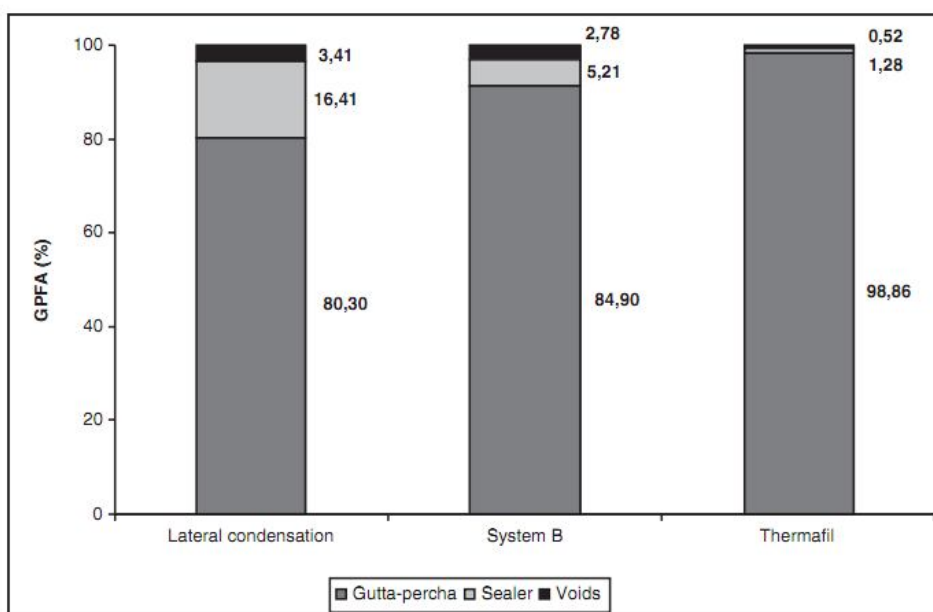


Tableau 3. Comparaison du PGFA, du ciment de scellement et des vides endodontiques à 4mm du foramen apical entre les différents groupes expérimentaux (De-Deus et coll., 2007).

A 4mm du foramen apical, le système Thermafil® montre un PGFA significativement plus important que les deux autres techniques, et en conséquence, des taux de vide et de ciment canalaire significativement plus faibles.

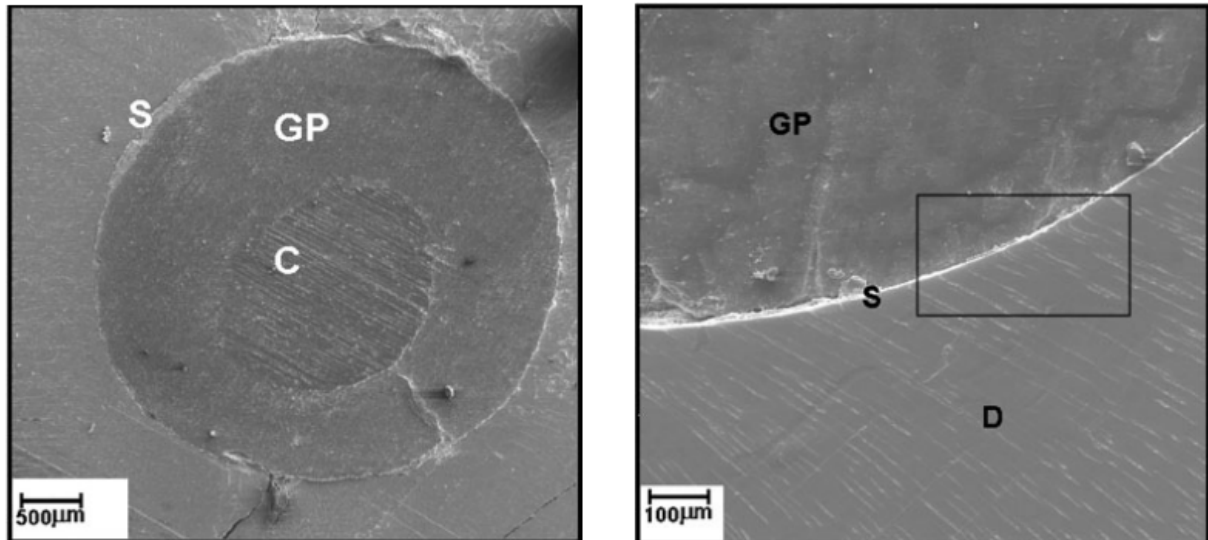


Figure 26. PGFA d'une obturation par Thermafil® (De-Deus et coll., 2007).

Coupe d'une obturation au système Thermafil® à 4mm montrant un canal complètement obturé (99,2%) par la gutta-percha (GP) et le tuteur (C) ainsi que par une couche de ciment de scellement (S) extrêmement fine en périphérie du canal.

A 4 mm du foramen apical, le System B® se retrouve en seconde position, tant au niveau du PGFA significativement plus important que celui de la technique par condensation latérale, que des pourcentages en vide et en ciment canalaire significativement plus faibles.

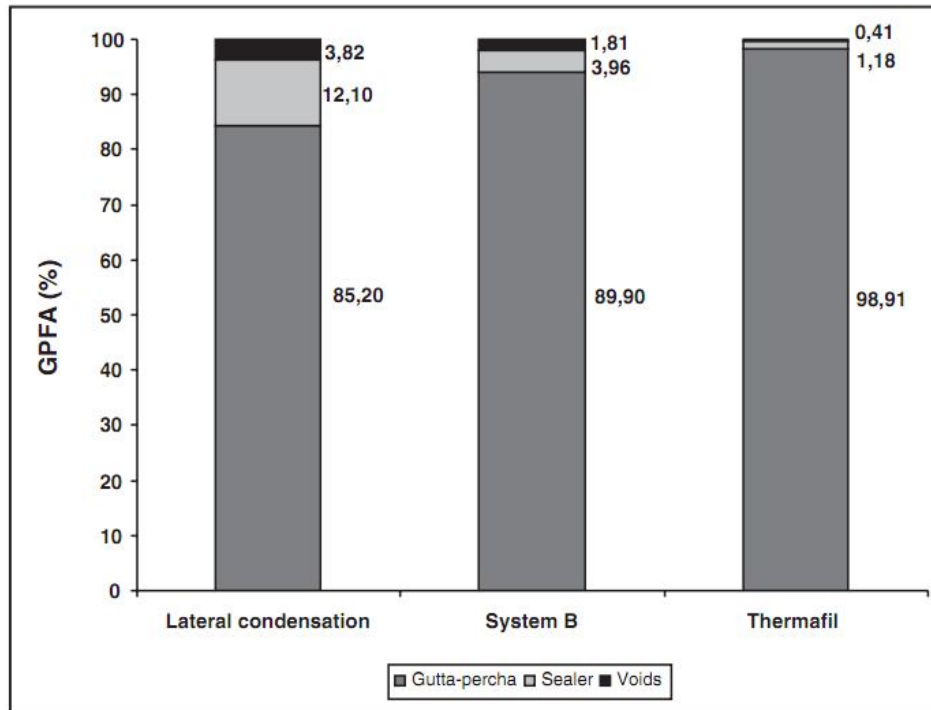


Tableau 4. Comparaison du PGFA, du ciment de scellement et des vides endodontique à 6mm du foramen apical entre les différents groupes expérimentaux (De-Deus et coll., 2007).

A 6mm du foramen apical, les résultats obtenus sont relativement similaires à ceux trouvés à 4 mm du foramen apical.

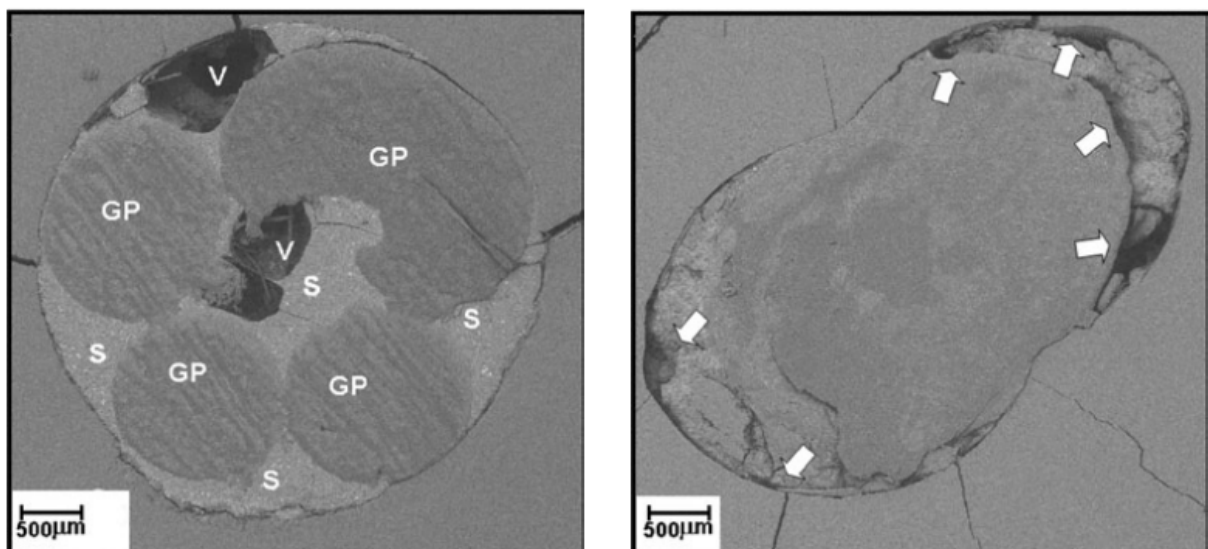


Figure 27. PGFA d'une obturation par condensation latérale (De-Deus et coll., 2007).

Coupe d'une obturation par condensation latérale à 6mm mettant en évidence une quantité importante de ciment de scellement (S) et de vides endodontiques (V et flèches).

Cette étude suggère donc que la technique Thermafil® peut réduire significativement le taux de vide et de ciment canalaire.

Ces résultats sont en parfaite concordance avec ceux de l'étude de Vasundhara et Prashanth (2006). On retrouve une fois encore la technique de condensation latérale bien en retrait par rapport aux autres.

IV. 1. 1. 5. Analyse du PGFA, du ciment canalaire et des vides endodontiques entre le système Obtura II®, le System B® et le système Thermafil®

Etude de Hugh C.L. et coll. (2005)

- Matériel et Méthode

Cent cinq dents monoradiculées ont été préparées et obturées à l'aide de cinq différentes techniques, Obtura II®, System B®, Thermafil®, Simplifill®, condensation latérale et condensation verticale. Après traitement, les dents sont placées dans un environnement à 37°C et à 100% d'humidité pendant 4 mois. Les dents sont ensuite coupées longitudinalement et préparées avant de calculer le pourcentage de vide et de ciment canalaire. Les couches de ciment sont ensuite classifiées en très fine (slight : 0 à 1/3), fine partielle (low : 1/3 à 2/3), forte partielle (high : 2/3 à 9/10) et complète (complete : 9/10 à 10/10).

A noter que les ciments utilisés ne sont pas les mêmes entre les différentes techniques d'obturation. Les ciments utilisés sont ceux recommandés par les fabricants. Ainsi les techniques Thermafil® et Simplifill® (techniques à tuteur) ont été obturées à l'aide de ciment à base de résine époxy, les autres techniques d'obturation ont quant à elles reçu un ciment à base d'oxyde de zinc eugénol.

- Résultats

	C. Verticale		Obtura II®		System B®		Thermafil®		SimpliFill®		C. Latérale	
	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A
Ciment Minime	0	0	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ciment Moyen	63	53	35	10	20	16	11	5	0	5	100	100
Ciment Majeur	37	47	0	85	75	74	89	95	40	45	0	0
Ciment Complet	0	0	0	5	5	10	0	0	60	50	0	0
Vides	42	32	0	5	30	5	0	5	15	5	40	0

Tableau 5. Pourcentage de ciment et de vides endodontiques en fonction des différentes techniques d'obturation. C = moitié coronaire ; A = moitié apicale (Hugh et coll., 2005).



Figure 28. Obturation par condensation verticale (Hugh et coll., 2005).

Pour la condensation verticale : il n'y a pas de ciment contre les murs canalaires sur la section de gauche. Sur la section de droite, on retrouve de fines couches partielles de ciment sur toute la longueur du canal. La majeure partie du ciment (flèches) est répartie en bandes horizontales séparées d'environ 3 à 5mm, répartition typique de la plupart des échantillons étudiés avec cette technique. On retrouve 42% de vide dans la moitié coronaire et 32% de vide dans la partie apicale sur l'ensemble des échantillons.

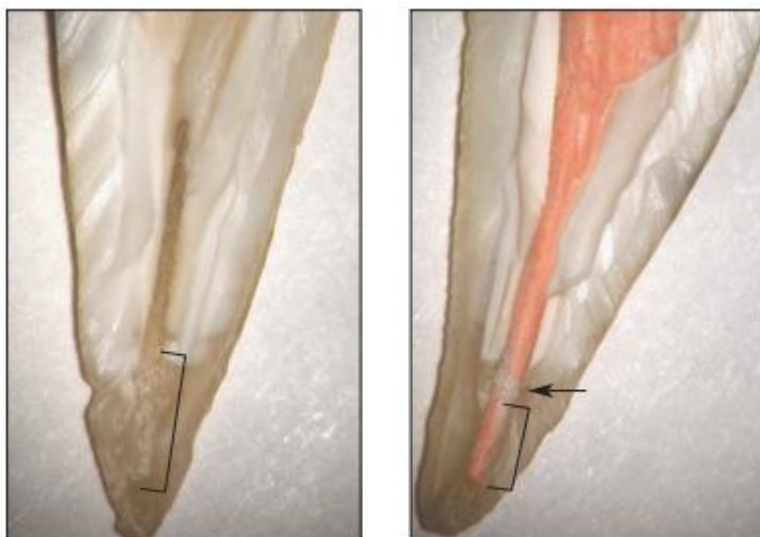


Figure 29. Obturation par Obtura II® (Hugh et coll., 2005).

Pour la technique Obtura II® : c'est la seule technique présentant une très fine couche uniforme de ciment dans la partie coronaire de l'obturation. En revanche on note une forte couche de ciment dans la moitié apicale. On retrouve également une bande de ciment (flèche) entre la condensation verticale réalisée au tiers apical de la racine et la vague secondaire réalisée par le système Obtura II®. Apicalement à cette bande on observe beaucoup plus de ciment canalaire aussi bien sur la section de droite que de gauche (parenthèses). On note seulement 5% de vide au niveau apical sur l'ensemble des échantillons.

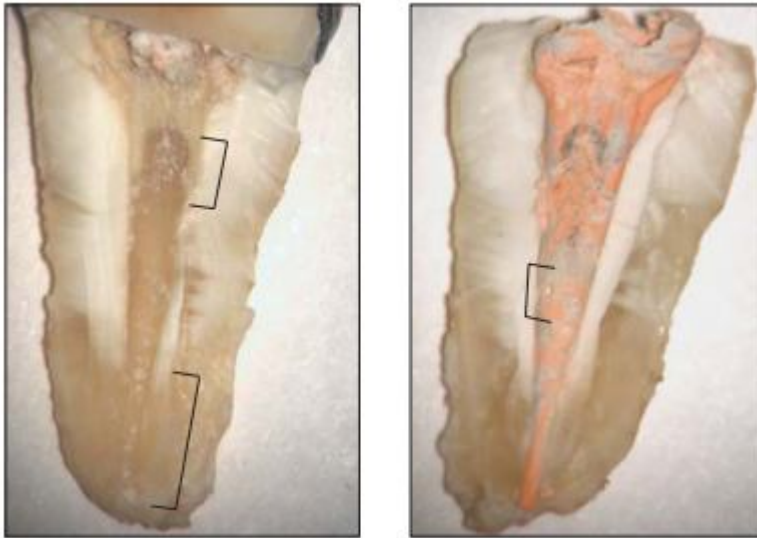


Figure 30. Obturation par System B® (Hugh et coll., 2005).

Pour le System B® : on retrouve de fortes couches partielles de ciment sur toute la longueur du canal. La majeure partie du ciment est visualisée sur la section de gauche par les parenthèses. La parenthèse de la section droite met quant à elle en évidence un vide. On retrouve 30% de vide dans la moitié coronaire et 5% de vide dans la partie apicale sur l'ensemble des échantillons.



Figure 31. Obturation par Thermafil® (Hugh et coll., 2005).

Pour la technique Thermafil® : la parenthèse de droite montre le tuteur suivant la section longitudinale de la dent. Le ciment, en fortes couches partielles, est visible sur plusieurs portions du canal (flèches). On retrouve seulement 5% de vide au niveau apical sur l'ensemble des échantillons.

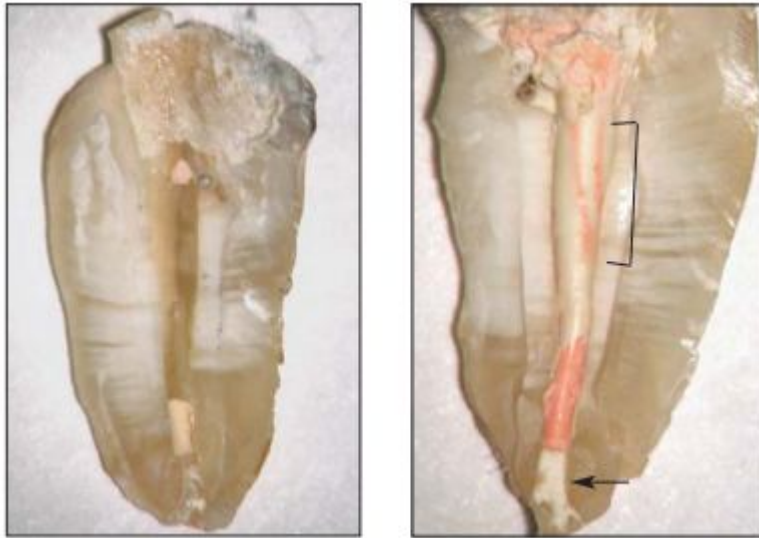


Figure 32. Obturation par SimpliFill® (Hugh et coll., 2005).

Pour la technique Simplifill® : on retrouve de fortes couches relativement uniformes de ciment sur toute la longueur du canal. Ce sont les seuls échantillons présentant un PGFA nul au niveau apical, plus précisément au-delà du plug de gutta-percha. On retrouve 15% de vide dans la moitié coronaire et 5% de vide dans la partie apicale sur l'ensemble des échantillons.

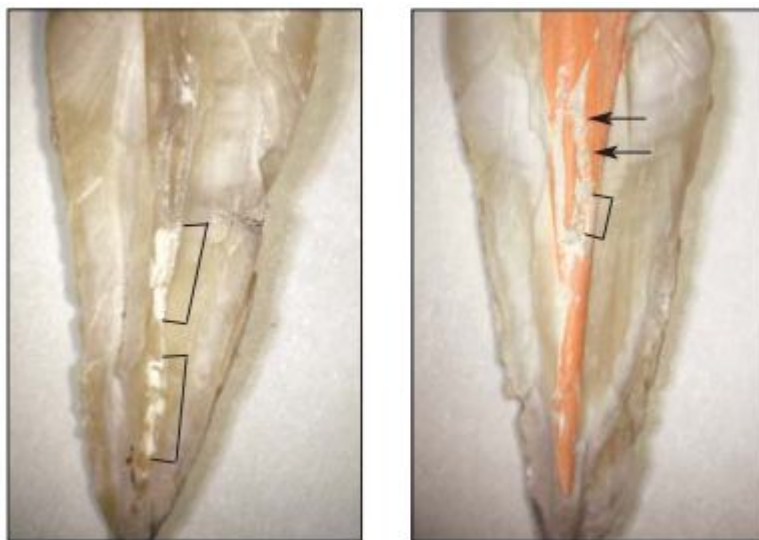


Figure 33. Obturation par condensation latérale (Hugh et coll., 2005).

Pour la condensation latérale : on retrouve de fines couches partielles de ciment sur toute la longueur du canal. On peut voir du ciment le long des murs canalaires sur la coupe de gauche (parenthèses) et entre les différents cônes de gutta-percha sur la coupe de droite (flèches). Effectivement dans cette technique, le

ciment canalaire a plus tendance à remplir l'espace entre les cônes de gutta-percha que l'espace entre ces cônes et les murs canaux (Allan et coll., 2001 ; Facer et Walton, 2003). La parenthèse sur la coupe de droite met en évidence un vide. On retrouve 40% de vide dans la moitié coronaire sur l'ensemble des échantillons.

En conclusion, les plus faibles taux de vide canalaire sont retrouvés avec les techniques Obtura II® et Thermafil®, puis ensuite avec les techniques Simplifill® et System B®.

La meilleure répartition en ciment canalaire serait obtenue avec la technique Obtura II®, et les techniques Thermafil® et System B® sont celles ayant présenté le plus grand pourcentage de fortes couches partielles de ciment canaux. Mais à l'heure actuelle, aucune de ces techniques ne permet l'obtention d'une couche uniforme et continue de ciment entre les parois canaux et la gutta-percha.

IV. 1. 1. 6. Analyse des études comparatives et discussion

D'après les études réalisées, les techniques actuelles permettent d'obtenir, contrairement aux techniques mono-cône ou par condensation latérale, un taux de remplissage en gutta-percha bien meilleur et des vides dans le système endodontique moins nombreux. Ainsi, ces techniques permettent d'obtenir une couche de ciment canalaire plus faible et plus homogène. Ce plus faible pourcentage en ciment canalaire permet d'obtenir une meilleure étanchéité principalement au niveau apical comme le démontrent les études citées.

Dans l'ordre, les systèmes par injection de gutta-percha chaude arrivent à la première place, suivies des techniques par tuteur (sauf SimpliFill®).

Les techniques par vague de chaleur telles que le System B® se placent juste derrière. Enfin, ce sont les techniques par thermocompactage qui semblent être les moins efficaces dans ce domaine.

Cette conclusion est en accord avec l'étude de Gencoglu (2003) qui démontre un PGFA plus important dans les techniques à tuteur (Thermafil®, JS Quick-Fill® et SoftCore®) que dans les techniques par vague de chaleur (System B®) puis par thermocompactage (Microseal®). Cependant, et en accord avec la littérature, les techniques utilisant de la gutta-percha thermoplastifiée obtiennent un PGFA

largement supérieur aux techniques classiques comme De-Deus et coll. (2006) le montrent avec ces coupes (figure 34) :

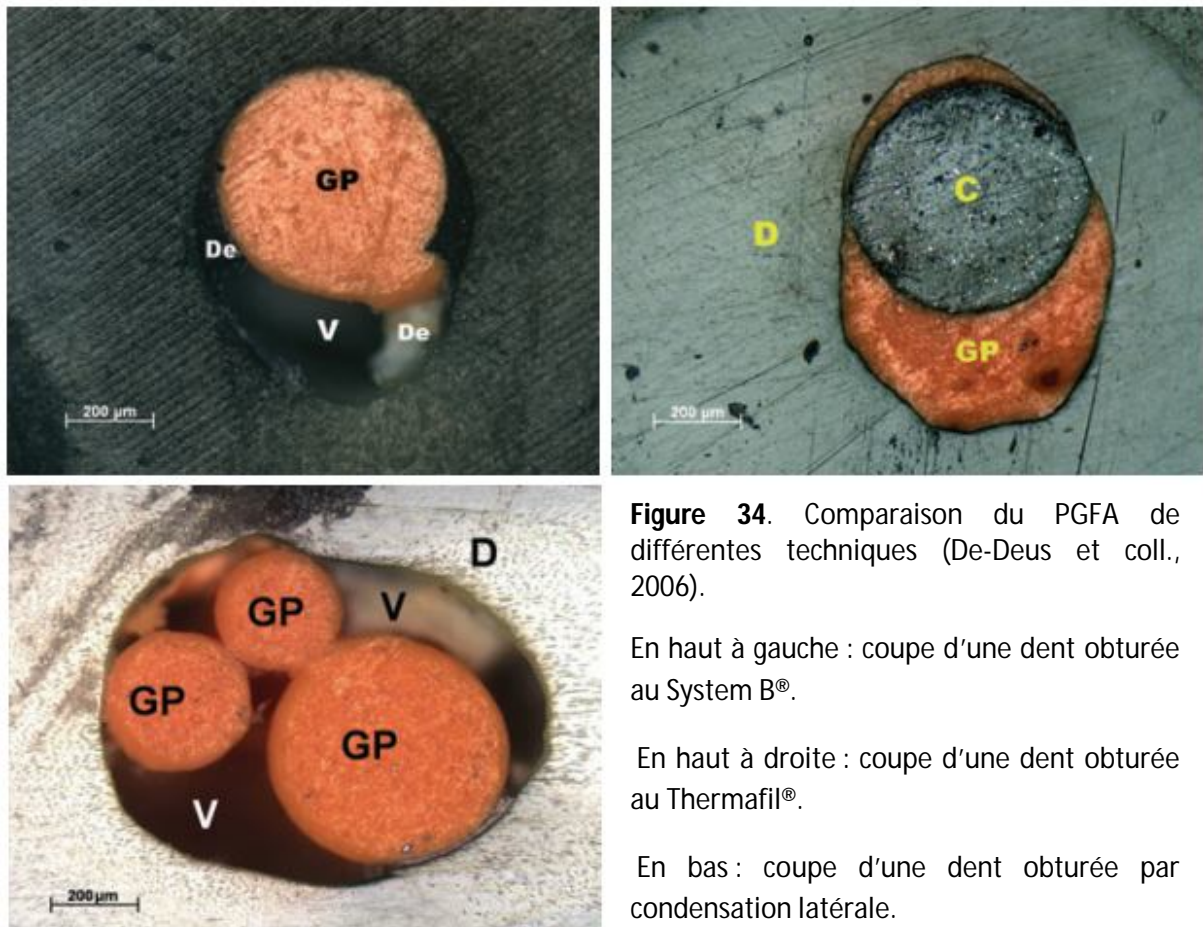


Figure 34. Comparaison du PGFA de différentes techniques (De-Deus et coll., 2006).

En haut à gauche : coupe d'une dent obturée au System B®.

En haut à droite : coupe d'une dent obturée au Thermafil®.

En bas : coupe d'une dent obturée par condensation latérale.

IV. 1. 2. Pourcentage de fuite endodontique

IV. 1. 2. 1. Méthode d'évaluation de l'étanchéité des obturations radiculaires.

La perte d'étanchéité, ou percolation, ou encore fuite endodontique, a été définie d'après l' « American Association of Endodontists » en 1994 comme étant « le mouvement de fluides tissulaires périradiculaires, de microorganismes et de leurs toxines le long de l'interface entre les parois dentinaires et les matériaux d'obturations canalaires ».

De nombreuses études démontrent que la persistance de canaux accessoires et/ou latéraux laissés sans obturation induisent des échecs de la thérapeutique endodontique puisqu'ils fournissent un accès direct à ces fluides et à ces microorganismes (Nichols, 1963 ; Seltzer S. et coll., 1967).

C'est dans l'optique d'évaluer la capacité des différentes techniques d'obturations canalaires que plusieurs méthodes ont été mises au point. Nous détaillerons ici les techniques les plus utilisées actuellement.

IV. 1. 2. 1. 1. Les tests de pénétration de bactéries.

Différents types de marqueurs peuvent être utilisés, notamment des bactéries de faible taille et de grande mobilité fournissant des informations proches de la situation clinique (Goldman et coll., 1980).

Quelles que soient les bactéries utilisées, de nombreux facteurs peuvent néanmoins affecter les résultats (la morphologie canalaire, la préparation canalaire, les matériaux d'obturation...) rendant difficile la transposition de ces derniers à la réalité clinique.

IV. 1. 2. 1. 2. Les tests de pénétration de colorant.

C'est la technique la plus utilisée, elle consiste en une mesure linéaire de pénétration d'un colorant (bleu de méthylène ou encre de Chine) entre les parois canalaires et le matériau d'obturation et également au sein des tubulis dentinaires grâce aux phénomènes de capillarité ou de diffusion selon le vide. Les mesures se font après pénétration du colorant et préparation des canaux en coupes longitudinales et/ou transversales.

De nombreuses études ayant utilisé cette méthode ont néanmoins donné des résultats contradictoires. Ces erreurs se trouvent généralement liées aux pH des colorants utilisés, aux techniques d'obturations elles-mêmes ou encore et surtout à des erreurs expérimentales (Hovland et Dumsha, 1985). Cette technique met essentiellement en évidence la présence d'une percolation mais ne permet pas de comparer les fuites endodontiques entre différentes techniques.

IV. 1. 2. 1. 3. La mesure des fluides sous pression.

Cette méthode d'évaluation du scellement canalaire, et donc de son étanchéité, se fait par mesure de filtration liquidienne. Cette technique a été décrite

pour la première fois par Derkson et coll. (1986), puis a été destinée à évaluer les propriétés de scellement des matériaux d'obturation temporaire par Pashley et coll. (1988) avant d'être modifiée par Wu et coll. (1993) comme technique d'étude des fuites endodontiques. Elle consiste en la mesure de mouvements de fluides au sein du spécimen par déplacement d'une bulle d'air à l'intérieur d'un capillaire. La partie coronaire de la racine est reliée à un tube rempli d'eau sous une légère pression (environ 1atm), la partie radiculaire est, quant à elle, reliée à un capillaire également rempli d'eau. Une seringue est alors utilisée pour introduire une bulle d'air. L'air emprisonné dans les vides de l'obturation est ensuite éliminé grâce à cette légère pression. Les mesures peuvent alors se faire grâce au déplacement de la bulle d'air préalablement injectée mettant en évidence les mouvements de fluide le long du canal.

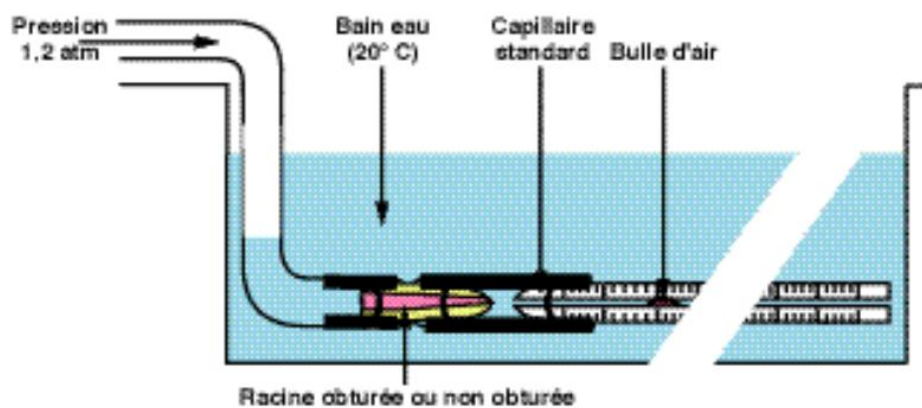


Figure 35. Méthode d'étude par mesure des fluides sous pression (Emery, 2002).

Il a été démontré que cette méthode était plus sensible pour la détection de vide endodontique et également plus reproductible que la technique par pénétration de colorant (Antonopoulos et coll., 1988). Elle présente en outre de nombreux avantages par rapport aux techniques de détection de fuites endodontiques classiques (Pommel et Camps, 2001). Elle permet en effet de mettre en évidence des vides de très faible taille ($<5\mu\text{m}$) (Wu et coll., 1994) et de réaliser des études longitudinales de par la conservation des racines.

IV. 1. 2. 2. Comparaison des fuites endodontiques par pénétration bactérienne.

IV. 1. 2. 2. 1. Entre les techniques d'obturation par condensation latérale, Microseal®, Touch'n Heat® / Ultrafil 3D® et techniques combinées.

Etude de Brosco V. et coll. (2008)

- Matériel et Méthode

Cette étude est basée sur l'obturation de cent soixante-dix canaux palatins. Après préparation de ces derniers, dix d'entre eux serviront de contrôle (cinq positifs et cinq négatifs) et les cent soixante autres seront répartis en quatre groupes aléatoires de quarante canaux et seront ensuite obturés par condensation latérale, par Microseal®, par Touch'n Heat® / Ultrafil 3D® et par technique combinée.

Après obturation, les dents sont placées dans un milieu présentant une humidité à 100% et une température de 37°C pendant quatre semaines afin de laisser prendre le ciment canalaire.

Au septième jour après obturation, chaque groupe de quarante est divisé en deux sous-groupes de vingt dents. Dans le premier groupe, les obturations sont standardisées à 10mm de longueur pour simuler un traitement endodontique conventionnel. Dans le second groupe, les obturations sont standardisées à 5 mm de longueur pour simuler un traitement endodontique post-préparation prothétique.

Les canaux ainsi obtenus sont ensuite préparés pour l'étude et sont mis en place dans des tubes qui, après préparation et stérilisation pendant 4 jours à 37°C, recevront une inoculation d'*Enterococcus faecalis*. Les tubes incuberont ensuite dans un milieu à 37°C pendant cent vingt jours. La pénétration bactérienne est ensuite mesurée.

- Résultats

		Fuite		Absence de fuite		Temps moyen de fuite
Technique	Total (n)	n	%	n	%	jours
C. Latérale	40	12	30	28	70	87,3
Microseal®	36	11	30,5	25	69,5	93,7
Touch'n Heat® + Ultrafil®	39	6	15,4	33	84,6	110,5
Tagger's hybrid	39	21	53,8	18	46,2	71,2

Tableau 6. Mesure des fuites endodontiques par pénétration bactérienne entre les différentes techniques étudiées (Brosco et coll., 2008).

	Profondeur	Total (n)	Fuite		Absence de fuite		Temps moyen de fuite
Technique	mm	n	n	%	n	%	jours
	10	20	3	15	17	85	102,2
C. Latérale	5	20	9	45	11	55	72,5
	10	18	3	16,7	15	83,3	102,9
Microseal®	5	18	8	44,4	10	55,6	84,5
	10	20	2	10	18	90	115,4
Touch'n Heat® + Ultrafil®	5	19	4	21,1	15	78,9	105,3
	10	19	8	42,1	11	57,9	88,2
Tagger's hybrid	5	20	13	65	7	35	55,2

Tableau 7. Mesure des fuites endodontiques par pénétration bactérienne entre les différentes techniques étudiées en fonction de la profondeur de l'obturation (Brosco et coll., 2008).

Groupe	Total (n)	Fuite	Infection dentinaire	Répartition de l'infection dentinaire		
				C	C + M	C + M + A
C. Latérale, 10mm	20	3	14	8	1	5
C. Latérale, 5mm	20	9	9	4	1	4
Microseal®, 10mm	18	3	12	4	1	7
Microseal®, 5mm	18	8	17	2	0	15
Touch'n Heat® + Ultrafil®, 10mm	20	2	13	7	4	2
Touch'n Heat® + Ultrafil®, 5mm	19	4	14	3	2	9
Tagger's hybrid, 10mm	19	8	19	1	1	17
Tagger's hybrid, 5mm	20	13	20	2	1	17
Total	154	50	118	31	11	76

Tableau 8. Mesure des fuites endodontique par pénétration bactérienne entre les différentes techniques étudiées (Brosco et coll., 2008).

On voit que les systèmes par vague de chaleur (Touch'n Heat®) associés aux système d'injection de gutta-percha chaude (Ultrafil 3D®) présentent une meilleure étanchéité bactérienne. Les autres techniques ne présentent pas de différence significative entre elles mais on notera toutefois une moins bonne étanchéité bactérienne avec la technique combinée (Tagger's hybrid).

IV. 1. 2. 2. 2. Entre les techniques d'obturation par condensation latérale, mono-cône, Thermafil® et System B®.

Etude de Yücel A.C. et Çiftçi A. (2006)

- Matériel et Méthode

Cent vingt parties coronaires de dents monoradiculées ont été sectionnées pour ne laisser que 16 mm de hauteur canalaire. Après leur préparation, les canaux sont obturés avec quatre techniques différentes, condensation latérale, mono-cône, Thermafil® et System B®. Après obturation, les dents sont placées dans un milieu présentant une humidité à 100% et une température ambiante pendant sept jours afin de laisser prendre le ciment canalaire.

Les dents ainsi obtenues sont ensuite préparées pour l'étude et sont mises en place dans des tubes qui, après préparation, recevront une inoculation d'*Enterococcus faecalis*. Les tubes incuberont ensuite dans un milieu à 37°C pendant soixante jours et une nouvelle inoculation sera faite tous les cinq jours. La pénétration bactérienne est ensuite mesurée.

- Résultats

		Jours																
Groupes	n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	30	60
Contrôle +	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Contrôle -	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Thermafil®	20	-	-	-	1	2	5	10	17	19	20	20	20	20	20	20	20	20
Mono-cône	20	-	-	1	3	8	10	11	18	20	20	20	20	20	20	20	20	20
C. latérale	20	-	-	-	-	-	-	1	2	2	4	6	8	12	12	16	16	19
System B®	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3	5	9	9	18

Tableau 9. Mesure des fuites endodontiques entre les différentes techniques étudiées en fonction du temps (Yücel et Çiftçi 2006).

D'après les résultats obtenus, on voit que le System B® offre une meilleure étanchéité canalaire dans les jours suivant l'obturation, et ce de façon significative par rapport aux techniques mono-cône et Thermafil®. Mais après deux mois, aucune différence de pénétration bactérienne n'est observée entre toutes ces techniques.

Une autre étude, de Jacobson et coll. (2002), sur les pénétrations bactériennes en coronaire montre également que les canaux obturés avec le System

B® présentent une pénétration bactérienne plus faible (45%) que ceux obturés par condensation latérale (75%).

De la même façon, Siquiera et coll. (2000) ont trouvé que les techniques de condensation latérale, System B® et Thermafil® présentaient les mêmes pourcentages de pénétration bactérienne après trente et soixante jours.

IV. 1. 2. 3. Discussion/Conclusion

D'après l'ensemble des études énoncées, les résultats s'accordent à dire que le System B® montre les meilleurs résultats en terme d'étanchéité canalaire par pénétration de bactéries. Les techniques par injection de gutta-percha, bien qu'uniquement étudiées en phase de remontée (backfill), montrent également de bons résultats dans ce domaine.

Hormis la technique combinée, les autres techniques de gutta-percha thermoplastifiée ne présentent pas de différence significative entre elles.

A court terme, toutes ces techniques présentent une meilleure étanchéité canalaire que la technique de simple condensation latérale. Toutefois, il est à noter qu'avec le temps, ces défauts d'étanchéité augmentent jusqu'à un certain palier, et qu'une fois atteint, aucune différence significative n'est retrouvée entre ces techniques et la technique de condensation latérale.

IV. 1. 2. 3. Comparaison des fuites endodontiques par pénétration de colorant.

IV. 1. 2. 3. 1. Entre les techniques d'obturation par condensation latérale, Thermafil® et System B®.

Etude de Inan U. et coll. (2007)

- Matériel et Méthode

Soixante-six dents monoradiculées antérieures maxillaires ont été utilisées pour cette étude. Leurs couronnes ont été sectionnées jusqu'à la jonction cémento-amélaire. Après les procédures de préparations canalaires standards, les racines ont été divisées en trois groupes de vingt (les six restantes servant pour les contrôles

positifs et négatifs) après quoi leur obturation par condensation latérale, par Thermafil® et par System B® a été effectuée. Après obturation, les dents sont placées dans un milieu présentant une humidité à 100% pendant vingt-quatre heures afin de laisser prendre le ciment canalaire.

Les racines sont ensuite préparées en appliquant deux couches de vernis exceptés sur les deux derniers millimètres apicaux. Elles sont ensuite mises en place dans de l'encre de Chine pendant sept jours. Après rinçage et élimination des excès de colorant, les mesures de la pénétration du colorant sont réalisées.

- Résultats

Les résultats obtenus pour les techniques Thermafil®, System B®, et condensation latérale sont respectivement $1,45 \pm 0,94\text{mm}$, $1,86 \pm 0,87\text{mm}$ et $2,38 \pm 0,72\text{mm}$. La différence entre la technique Thermafil® et la technique par condensation latérale est statistiquement significative ($P < 0.05$). Le System B® obtient un résultat satisfaisant mais la différence obtenue avec les deux autres techniques n'est pas significative.

Trois études ont également montré que le système Thermafil® entraînait moins de fuite canalaire que la simple technique de condensation latérale (Beatty et coll., 1989 ; Dummer et coll., 1994 ; Gencoglu et coll., 2002). Boussetta et coll. (2003) ont étudié les fuites canalaire d'autres techniques à tuteur et ont obtenu des résultats montrant une meilleure étanchéité de ces dernières par rapport à la technique de condensation latérale.

D'autres encore ont montré une fuite canalaire identique entre les deux techniques (Lares et ElDeeb, 1990 ; McMurtrey et coll., 1992 ; Bennani et coll., 2003). Kytridou et coll. (1999) n'ont trouvé aucune différence significative entre ces deux techniques à vingt-quatre heures et à dix jours ; toutefois le système Thermafil® présente une moins bonne étanchéité dès le soixante-septième jour.

D'autres études montrent également que le système Thermafil® entraînerait des fuites canalaire plus importantes, et, ce, surtout en coronaire (Barkins et Montgomery, 1992 ; Chohayed, 1992) comme le montrent les résultats de Baumgardner et coll. (1995) :

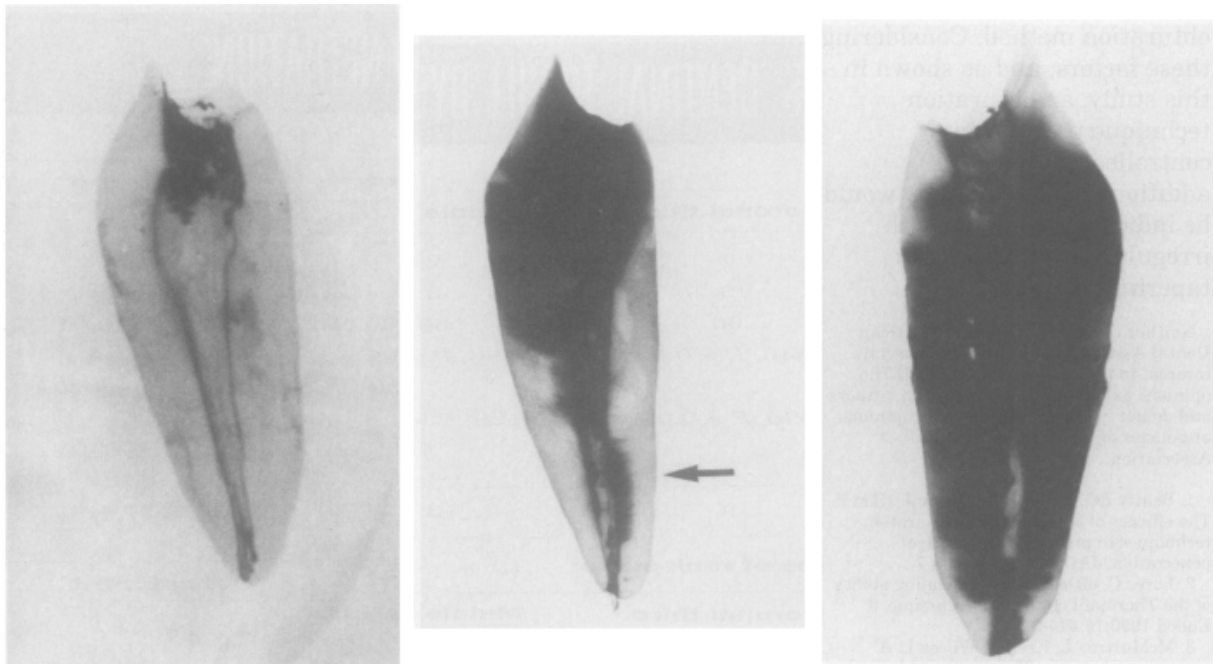


Figure 36. Visualisation de la pénétration du colorant sur des coupes longitudinales (Inan et coll., 2007).

Après préparation et obturation, ces dents ont été recouvertes d'un vernis hormis en coronaire avant d'être immergées dans de la salive artificielle pendant cinq jours. Une fois retirées de la salive et séchées, elle sont placées dans un colorant de carbone pendant quarante-huit heures afin de déterminer l'importance des fuites endodontiques.

- A gauche : Exemple de dent obturée par condensation latérale et compactage verticale. On note ici une faible pénétration du colorant au niveau coronaire.
- Au milieu : Exemple de dent obturée par Thermafil®. On note une pénétration du colorant importante au niveau coronaire et également au niveau des tubulis dentinaires (flèche).
- A droite : Un autre exemple d'obturation par Thermafil®. On note une très forte pénétration du colorant sur toute la longueur canalaire.

Ces données peuvent s'expliquer de plusieurs manières : impossibilité de compactage vertical dans la technique Thermafil® en raison du tuteur ; vibrations des forets avec le tuteur pouvant entraîner des micro-descelllements du ciment canalaire.

Pour pallier ce problème, les manuels d'utilisation pour Thermafil® (Thermafil endodontic obturators, 1992) préconisent d'introduire des cônes supplémentaires autour du tuteur par condensation latérale. Cette solution entraîne toutefois d'autres problèmes : des vides plus nombreux et un PGFA moindre.

IV. 1. 2. 3. 2. Entre les techniques d'obturation par condensation latérale, Ultrafil 3D® , System B®, JS QuickFill® et Microseal®.

Etude de Brosco V. et coll. (2003)

- Matériel et Méthode

Cent six incisives mandibulaires mono-radiculées de tailles similaires et aux canaux droits ont été utilisées pour réaliser cette étude. Après nettoyage et préparation standardisée de leur système canalaire, les dents sont réparties de façon aléatoire en cinq groupes de vingt avant d'être obturées par condensation latérale, Ultrafil 3D® , System B®, JS QuickFill® et Microseal®. Les six dents restantes ne sont pas obturées et seront utilisées pour les contrôles positifs et négatifs. Quelle que soit la technique d'obturation, toutes les dents ont été compactées verticalement en coronaire avant de voir leur cavité d'accès obturée et les racines recouvertes d'une couche de vernis.

Après leur préparation, les dents sont immergées dans une solution aqueuse à 2% de bleu de méthylène, pH 7, à 37°C pendant soixante-douze heures. Les dents sont ensuite retirées, débarrassées du colorant et de leur vernis avant d'être sectionnées longitudinalement pour réaliser la mesure de pénétration du colorant.

- Résultats

Groupes	Fuite Moyenne (mm)	Ecart-type
C. latérale	2,81	1,82
System B®	0,82	0,73
Ultrafil®	2,42	2,36
JS Quick-Fill®	2,34	2,3
Microseal®	0,47	0,46

Tableau 10. Mesure des fuites endodontiques par pénétration de colorant entre les différentes techniques étudiées (Brosco et coll., 2003).

La technique Microseal® obtient les meilleurs résultats ainsi que le System B®. Ces deux techniques obtiennent une meilleure étanchéité canalaire et ce de façon significative par rapport aux autres techniques.

Les techniques JS QuickFill®, Ultrafil 3D® et par condensation latérale obtiennent quant à elles des résultats identiques (en accord avec les résultats de Pallarès et Faus, 1995 et de Rahimi et coll., 2010).

IV. 1. 2. 3. 3. Discussion/Conclusion

Horrocks et Qualtrough (2001) n'ont relevé aucune différence significative entre les techniques d'obturation par injection (Obtura II®/Ultrafil 3D®), par thermocompactage et par condensation latérale et verticale. De même Heredia et coll. (2007) n'ont relevé aucune différence significative quant au scellement apical obtenu à l'aide des techniques d'obturation par injection (Ultrafil 3D®) et par simple condensation latérale à froid. Davalou et coll. (1999) n'ont relevé aucune différence significative entre les techniques d'obturation par vague de chaleur (System B®) et par thermocompactage (Microseal®). Enfin, plusieurs études ont abouti aux mêmes conclusions en comparant les techniques Thermafil® et par condensation latérale (Namazikhah, 2000 ; Felstead et coll., 1994 ; Dummer P.M.H. et coll., 1993 et 1994)

Bousetta et coll. (2003) ont quant à eux montré une étanchéité canalaire légèrement meilleure dans les techniques à tuteur que dans les techniques par thermocompactage ne montrant aucune différence significative avec la technique par condensation latérale.

Gencoglu et coll. (2002) ont montré une meilleure étanchéité canalaire pour les techniques Thermafil® et JS QuickFill® qu'avec une simple condensation latérale. Le System B® obtenait également de meilleurs résultats d'étanchéité que par condensation latérale sans noter pour autant de différence significative.

Toutes ces études sont basées sur un système de pénétration de colorant, et comme nous l'avons déjà vu plus haut et nous le confirment ces données, les paramètres externes (angulation canalaire, études humaines, anomalie canalaire, environnement...) influent beaucoup sur les résultats.

Starkey et coll. (1993) ont mis en évidence que des problèmes pouvaient être liés au pH du colorant. Le bleu de méthylène étant acide, ce dernier entraîne une déminéralisation de la dentine aboutissant à une surévaluation de la percolation, on préférera alors utiliser de l'encre de Chine dont le pH est neutre.

D'autre part, la solution employée doit contenir des molécules les plus petites possible afin de permettre une meilleure pénétration au sein du système canalaire (Matloff et coll., 1982). En cela le bleu de méthylène sera préféré aux autres colorants en raison de son faible poids moléculaire (Kersten et Morrer, 1989). Les compromis commencent donc dès le choix du matériel.

Au regard de la non reproductibilité de cette méthode, Wu et Wesselink (1993) suggèrent que les études réalisées par pénétration de colorant ont été surestimées. Les études de Barthel et coll. (1999) comparant les études par pénétration bactérienne et celles par pénétration de colorant aboutissent également à une non reproductibilité de ces dernières tout comme les études de Wimonchit et coll. (2002) entre les études par pénétration de colorant et par filtration liquidienne. Les études de Wu et coll. (1994) comparant les études par filtration liquidienne et par pénétration de colorant ont montré que la technique par filtration liquidienne était plus sensible pour détecter les vides ($<5\mu\text{m}$) le long des parois canalaire. Les résultats des études utilisant des traceurs pourraient être biaisés par ces vides endodontiques, entraînant la non reproductibilité de ces études (Goldman et coll., 1989 ; Wu et coll., 1994 ; Olivier et Abbott, 1991 ; Spangberg et coll., 1989).

On peut toutefois dire, au regard des études exposées, que les techniques d'obturation utilisant de la gutta-percha thermoplastifiée obtiennent des résultats en moyenne meilleurs en ce qui concerne la pénétration linéaire de colorant que la technique par condensation latérale.

IV. 1. 2. 4. Comparaison des fuites endodontiques par filtration liquidienne (mesure des fluides sous pression).

IV. 1. 2. 4. 1. A court terme entre les techniques de condensation latérale, Thermafil® et System B®.

Etude de Kontakiotis E. et coll. (2007)

D'autres techniques d'évaluation du scellement canalaire, et donc de l'étanchéité canalaire, se font par mesure de filtration liquidienne (décrite par Wu et coll., 1993). Cette méthode a été montrée comme étant plus sensible pour la

détection de vide endodontique et également plus reproductible que la technique par pénétration de colorant (Antonopoulos et coll., 1988).

- Matériel et Méthode

Soixante parties coronaires d'incisives maxillaires ont été sectionnées pour ne laisser que 10 mm de hauteur canalaire. Après leur préparation, les canaux sont obturés avec trois techniques différentes, condensation latérale, Thermafil® et System B®.

Les dents sont ensuite placées dans un milieu présentant une humidité à 100% et une température de 37°C pendant quarante-huit heures pour laisser le ciment canalaire prendre. Après mise en place du système de mesure des fluides sous pression et préparation des dents dans ce dernier, les mesures (par déplacement de la bulle d'air) sont réalisées dans une atmosphère à 0,6 ATM pendant trois heures.

- Résultats

Groupes	Absence de fuite	Faible Fuite	Fuite importante
C. latérale	7 (35%)	7 (35%)	6 (30%)
Thermafil®	9 (45%)	2 (10%)	9 (45%)
System B®	6 (30%)	8 (40%)	6 (30%)
Contrôle +	0	0	3 (100%)
Contrôle -	3 (100%)	0	0

Tableau 11. Mesure des fuites endodontiques par filtration liquidienne entre les différentes techniques étudiées (Kontakiotis et coll., 2007).

Cette étude montre que les techniques par condensation latérale, par System B® et par Thermafil® ont une efficacité équivalente en terme de scellement après quarante-huit heures de test par filtration liquidienne.

IV. 1. 2. 4. 2. A court terme entre les techniques de condensation latérale, Thermafil® et Obtura II®.

Etude de Rajeswari. P et coll. (2005)

- Matériel et Méthode

Cinquante-cinq premières prémolaires mandibulaires ont été utilisées pour cette étude. Leurs couronnes ont ensuite été sectionnées jusqu'au niveau de leur jonction amélo-cémentaire. Après préparation canalaire standardisée pour toutes les dents, ces dernières sont réparties aléatoirement en trois groupes de quinze avant d'être obturées par condensation latérale, Thermafil® et Obtura II®. Les dix dents restantes serviront de contrôles positifs et négatifs.

Après obturation, les dents sont conservées dans un milieu présentant une humidité à 100% et une température de 37°C pendant vingt-quatre heures pour laisser le ciment canalaire prendre. Après mise en place du système de mesure des fluides sous pression, les mesures sont réalisées pendant une heure sous une atmosphère de pression.

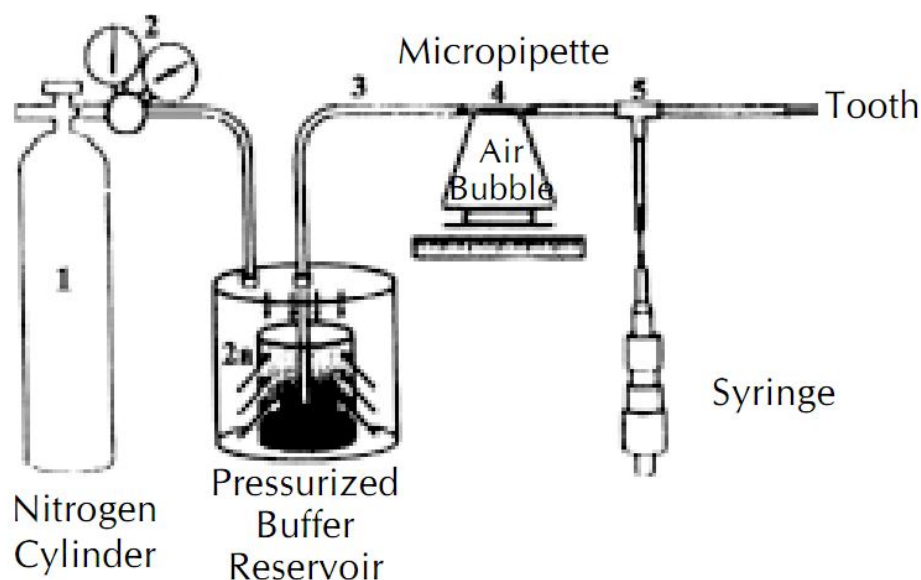


Figure 37. Technique de mesure par filtration liquidienne (Rajeswari et coll., 2005).

- Résultats

Nombre de dents	Groupe 1 : C. latérale		Groupe 2 : Thermafil®		Groupe 3 : Obtura II®	
	mm/hr	fil/min	mm/hr	fil/min	mm/hr	fil/min
1	26	0,34	9	0,11	18	0,23
2	30	0,39	11	0,14	15	0,19
3	27	0,35	7	0,09	16	0,2
4	28	0,36	7	0,09	16	0,2
5	26	0,34	8	0,1	18	0,23
6	28	0,36	9	0,11	17	0,22
7	25	0,32	9	0,11	15	0,19
8	26	0,34	7	0,09	18	0,23
9	27	0,35	8	0,1	10	0,2
10	28	0,36	7	0,09	17	0,22
11	27	0,35	8	0,1	17	0,22
112	26	0,34	9	0,11	17	0,22
13	27	0,39	8	0,1	18	0,23
14	30	0,34	8	0,1	17	0,22
15	27	0,35	9	0,11	15	0,19

Tableau 12. Mesure des fuites endodontiques par filtration liquidienne entre les différentes techniques étudiées en fonction du temps (Rajeswari et coll., 2007).

Groupe	n	Moyenne	Ecart Type
1	15	0,35	0,02
2	15	0,1	0,01
3	15	0,21	0,002

Tableau 13. Mesure des fuites endodontiques par filtration liquidienne entre les différentes techniques étudiées (Rajeswari et coll., 2007).

Les résultats montrent une moins bonne étanchéité pour la technique d'obturation par condensation latérale. Cette technique montre un taux de fuite trois fois supérieur à la technique Thermafil®.

La technique Obtura II® montre des fuites endodontiques convenables mais statistiquement plus élevées que celles trouvées avec la technique Thermafil®.

Thermafil® obtient des résultats significativement meilleurs en terme d'étanchéité canalaire que les deux autres techniques.

IV. 1. 2. 4. 3. A moyen terme entre les techniques de condensation latérale, mono-cône, de condensation verticale, Thermafil® et System B®.

Etude de Pommel L. Et Camps J. (2001)

- Matériel et Méthode

Cinquante incisives maxillaires mono-radiculées ont été utilisées pour cette étude. Après extraction, les couronnes ont été sectionnées jusqu'à la jonction cémento-amélaire. Après leur préparation canalaire, les dents ont été divisées de façon aléatoire en cinq groupes de dix avant d'être obturées par condensation latérale, condensation verticale, mono-cône, Thermafil® et par System B®.

Après obturation, les dents sont placées dans un milieu présentant une humidité à 100% et une température de 34°C pendant vingt-quatre heures pour laisser le ciment canalaire prendre. Après mise en place du système de mesure des fluides sous pression et préparation des dents dans ce dernier, les mesures (par déplacement de la bulle d'air assisté par ordinateur) sont réalisées une première fois pendant vingt-quatre heures. Les dents sont maintenues dans un milieu stérile et humide à 37°C pendant toute la durée des mesures afin de maintenir une hydratation correcte.

Après conservation dans un milieu similaire, une seconde mesure est effectuée un mois après dans des conditions identiques.

- Résultats

Technique	Groupe	Fuite à 24h	Fuite à 1 mois	Comparaison dans le temps
Mono-cône	1	22 ± 6,7	28,8 ± 8,9	p = 0,001
C. latérale	2	5,9 ± 2,1	11,7 ± 4,7	p = 0,0001
C. verticale	3	3,9 ± 1,9	6,3 ± 2,1	p = 0,0001
Thermafil®	4	5,6 ± 0,5	8,6 ± 1,5	p = 0,001
System B®	5	4,2 ± 1,8	6,4 ± 3,0	p = 0,0001
Comparaison des techniques		p = 0,001	p = 0,0001	

Tableau 14. Mesure des fuites endodontiques par filtration liquidienne entre les différentes techniques étudiées en fonction du temps (Pommel et Camps, 2001).

Les résultats obtenus après vingt-quatre heures montrent une moins bonne étanchéité immédiate pour la technique mono-cône causée par l'importante couche de ciment canalaire et à la non condensation de la gutta-percha dans le canal. Les autres techniques sont quant à elles sans différence significative au terme des premières vingt-quatre heures.

Les résultats à un mois montrent une augmentation des défauts d'étanchéité et ce quelle que soit la technique d'obturation utilisée. On notera que la technique d'obturation par condensation latérale montre des défauts d'étanchéité canalaire plus importants à un mois. Les techniques de condensation verticale, Thermafil® et System B® présentent quant à elles une meilleure étanchéité sans différence significative entre elles.

IV. 1. 2. 4. 4. A long terme entre les techniques de condensation latérale, Thermafil®, System B®, JS Quick-Fill®, SoftCore® et Microseal®.

Etude de Gençoğlu N. et coll. (2007)

- Matériel et Méthode

Soixante dents ont été utilisées pour cette étude. Après élimination de la couronne, elles ont été préparées et obturées avec six techniques différentes, condensation latérale, Thermafil®, System B®, JS Quick-Fill®, SoftCore® et Microseal®. Après obturation, les dents sont placées dans un milieu présentant une humidité à 100% et une température de 37°C pendant deux ans.

Deux années plus tard, les dents sont sorties de leur milieu et laissées à l'air pendant une heure pour qu'elles prennent la température ambiante. Les dents sont ensuite sectionnées pour ne garder que les dix derniers millimètres apicaux avant d'être préparées aux mesures par filtration liquidienne assistées par ordinateur.

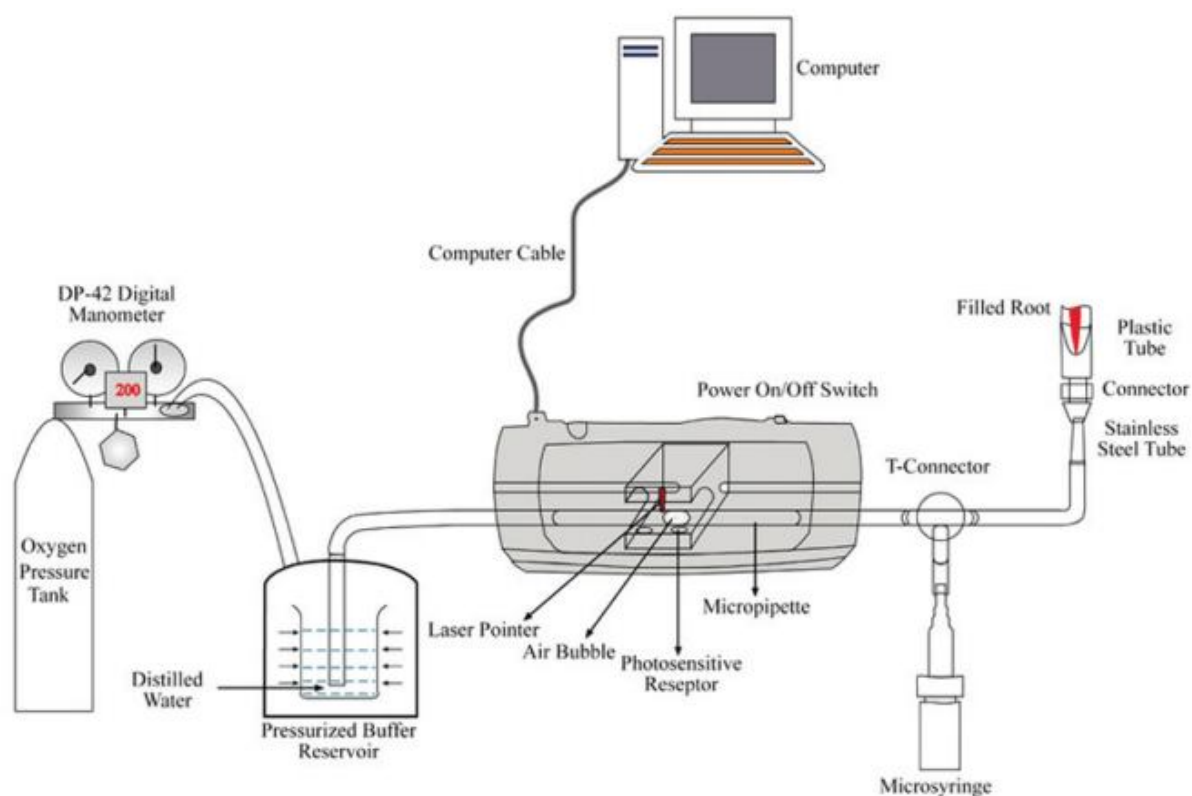


Figure 38. Technique de mesure par filtration liquidienne (Gençoğlu et coll., 2007).

- Résultats

Groupes	Moyenne	Ecart Type
Thermafil®	0,26	0,08
JS Quick-Fill®	0,32	0,08
Soft-Core®	0,3	0,06
System B®	0,28	0,07
Microseal®	0,5	0,05
C. latérale	0,44	0,1
Contrôle +	52,5	0,1
Contrôle -	0	0

Tableau 15. Mesure des fuites endodontiques par filtration liquidienne entre les différentes techniques étudiées (Gençoğlu et coll., 2007).

D'après les résultats obtenus, la technique Microseal® montre le plus fort taux de fuite endodontique sans différence significative avec la technique par condensation latérale. Les autres techniques quant à elles montrent une différence significative avec ces deux techniques, mais aucune différence significative entre elles.

Ces résultats sont en accord avec de nombreuses autres études, comme celle de Pommel and Camps (2001) qui a montré qu'après un mois la technique de condensation latérale présente des défauts d'étanchéité significativement plus importants que les techniques Thermafil® et System B®.

IV. 1. 2. 4. 5. Conclusion

D'après les résultats obtenus, les meilleures techniques d'obturation canalaire en terme d'étanchéité seraient les techniques par vague de chaleur (System B®) et à tuteur (Thermafil®). Les autres techniques actuelles ne se démarquent pas, elles apparaissent dans la littérature comme donnant de meilleurs résultats que la technique par condensation latérale mais sont le plus souvent sans différence significative avec cette dernière.

IV. 1. 2. 5. Analyse des études comparatives et discussion

Très peu de corrélations sont trouvées entre ces trois techniques d'investigations concernant l'étanchéité canalaire. Ces résultats s'accordent avec d'autres études comparant ces méthodes de mesures de microfuites endodontiques (Barthel et coll., 1999 ; Camps et Pashley, 2003 ; Delivanis et Chapman, 1982 ; Matloff et coll., 1982 ; Pommel et coll., 2001).

Concernant les techniques par pénétration bactérienne et par pénétration de colorant, les résultats admis par la littérature sont très contestés d'une étude à l'autre. Bien que ces deux techniques soient facilement faussées par les éléments externes, leurs résultats ne sont pas à ignorer. Néanmoins, des recherches plus approfondies ont prouvé que la meilleure méthode en termes d'étude de fuites endodontiques à l'heure actuelle était la mesure de fluide assistée par ordinateur (filtration liquidienne).

En se basant essentiellement sur ces derniers résultats, ce sont les techniques par vague de chaleur continue (System B®) associées ou non aux techniques d'injection de gutta-percha chaude (Obtura II®) ainsi que les techniques à tuteur (Thermafil®) qui obtiennent les meilleurs résultats en terme d'étanchéité canalaire. En revanche les techniques par thermocompactage (Microseal® et

technique combinée) seraient de moins bonne qualité dans ce domaine. Cependant, plusieurs études amènent à penser que le système Thermafil® aboutirait à une moins bonne étanchéité canalaire (Barkins et Montgomert, 1992 ; Chohayeb, 1992 ; Baumgardner et coll., 1995 ; Yücel et Çiftçi, 2006 ; Kytridou et coll., 1999) et que la condensation latérale bien exécutée pourrait quant à elle donner de très bons résultats en terme d'étanchéité canalaire.

Un grand nombre d'études a été réalisé pour essayer de trouver une corrélation entre ces différentes méthodes de mesures d'étanchéité canalaire (Camps et Pashley, 2003 ; Barthel et coll., 1999 ; Pommel et coll., 2001 ; Wu et coll., 1993-94 ; Karagenç et coll., 2006). Aucune d'entre elles ne l'a permis et comme le soulignent Pommel et coll. (2001), une corrélation impliquerait que le phénomène de fuite endodontique soit gouverné par les lois de l'électrochimie, de la filtration et de la diffusion en même temps et à parts égales. De ce fait, les résultats des études sont intégralement dépendants de la méthode d'investigation utilisée.

IV. 1. 3. Capacité de scellement tridimensionnelle

Le système canalaire possède une anatomie très complexe, caractérisée par la présence de canaux accessoires et latéraux, d'isthmes et de delta apicaux. De nombreuses études ont mis en évidence la présence de canaux secondaires, Rubach et Mitchell (1965) ont ainsi montré que 45% des canaux possédaient de telles ramifications majoritairement présentes dans le tiers apical. De Deus (1975) en a quant à lui trouvées dans 27,4% des cas. La présence de ces embranchements canaux constitue donc une source supplémentaire d'échec endodontique, en effet les éventuels bactéries et tissus nécrotiques présents dans ces derniers seront extrêmement difficiles à atteindre.

Une obturation la plus tridimensionnelle possible devient donc une nécessité permettant d'assurer la pérennité du traitement. Voyons la capacité des techniques d'obturation actuelles à obtenir un tel résultat.

Etude de Goldberg F. et coll. (2001)

- Matériel et Méthode

Soixante dents monoradiculées ont été utilisées pour cette étude et trois canaux latéraux en coronaire, en médian et en apical de chaque racine ont été créés à l'aide de forêt. Après préparation standardisée de ces dernières, les dents ont été divisées en six groupes aléatoirement avant d'être obturées par condensation latérale (A), par technique combinée (B), par Ultrafil 3D® (C), par Obtura II® (D), par l'association System B® / Obtura II® (E) et par Thermafil® (F) (le ciment AH26® est utilisé pour toute cette étude).

Immédiatement après obturation, des radiographies post-opératoires ont été réalisées en incidence bucco-linguale afin d'analyser les résultats.

- Résultats

Groupe	n	Obturés		Non obturés	
Ultrafil®	60	58	96,67%	2	3,33%
Thermafil®	60	52	86,67%	8	13,33%
System B® / Obtura II®	60	50	83,33%	10	16,67%
Technique combinée	60	45	75,00%	15	25,00%
Obtura II®	60	37	61,67%	23	38,33%
C. latérale	60	36	60,00%	24	40,00%

Tableau 16. Comparaison des capacités de scellement tridimensionnel des différentes techniques étudiées (Goldberg et coll., 2001).

Les résultats montrent que la technique permettant d'obtenir le plus grand taux de remplissage canalaire est la technique Ultrafil 3D® suivie de la technique Thermafil® puis de la technique System B® / Obtura II®.

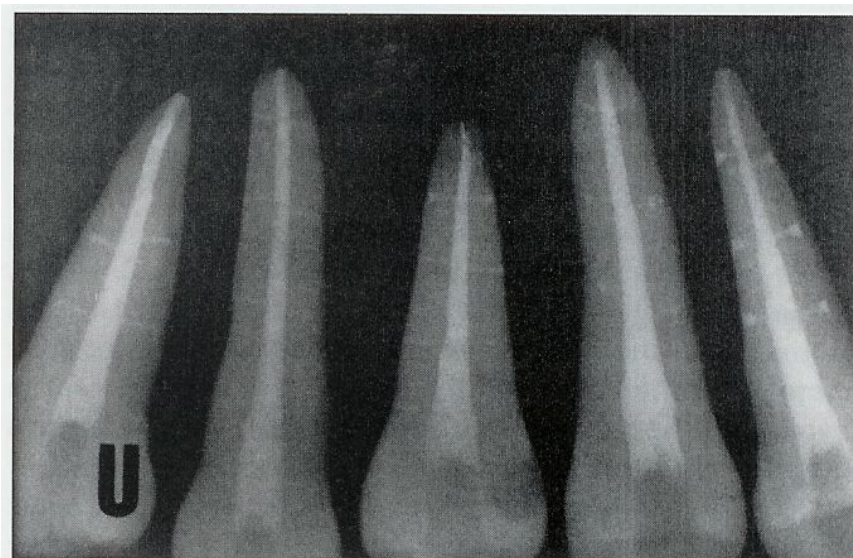


Figure 39. Scellement tridimensionnel obtenu avec Ultrafil 3D® (Goldberg et coll., 2001).

Les trois autres techniques montrent une quantité moins importante de canaux latéraux obturés, la technique par condensation latérale étant la moins bonne.

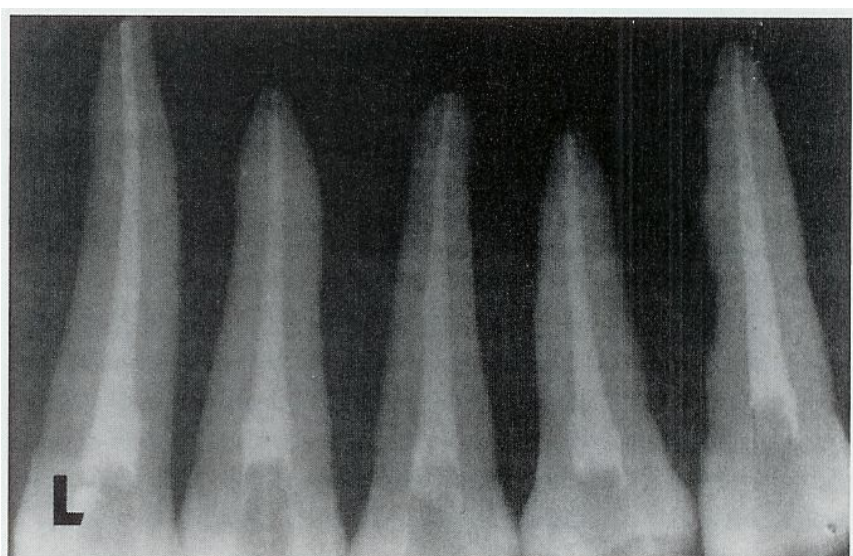


Figure 40. Scellement tridimensionnel obtenu par condensation latérale (Goldberg et coll., 2001).

Ces résultats sont en accord avec ceux de Brothman (1981) ayant démontré qu'une compaction verticale (System B®) permettait de remplir jusqu'à deux fois plus de canaux latéraux que par simple condensation latérale, et avec ceux de Clark et ElDeeb (1993) ayant démontré un plus fort taux de remplissage des canaux latéraux

par Thermafil® que par simple condensation latérale. De même, Dulac et coll. (1999) ont montré que les techniques Thermafil® et System B® permettaient de remplir les canaux latéraux à tous les niveaux contrairement à des techniques par condensation latérale ou verticale simple.

En conclusion, on observe une fois encore une supériorité des techniques par gutta-percha thermoplastifiée mettant en avant les techniques par injection, par tuteur et par vague de chaleur.

IV. 2. Comparaison entre les ciments d'obturations

IV. 2. 1. Comparaison des fuites endodontiques par pénétration bactérienne.

IV. 2. 1. 1. Entre les ciments canaux Pulp Canal Sealer® (OzE), Sealapex® (CaOH), AH Plus® (Résine) et EndoRez® (Résine).

Etude de De-Deus G. et coll. (2006)

- Matériel et Méthode

Quatre-vingt-deux incisives centrales maxillaires ont été utilisées pour cette études, leur couronne a été sectionnée jusqu'à la jonction amélo-cémentaire. Les canaux ont ensuite été préparés de façon similaire afin d'avoir un diamètre de 1,5mm. Puis soixante-douze canaux ont été divisés de façon aléatoire en quatre groupes de dix-huit avant d'être remplis par 1,5cm³ de ciment canal Pulp Canal Sealer®, Sealapex®, AH Plus® et EndoRez®.

Parallèlement, trente-six cylindres de 8mm de haut sur 1,5mm de diamètre ont été réalisés avec de la gutta-percha thermoplastifiée (technique Obtura II®) injectée dans un cylindre métallique de même dimension. L'opération a ensuite été répétée pour trente-six cylindres de 8mm de haut sur 1mm de diamètre.

Neuf canaux de chaque groupe se sont vus ensuite obturés avec un cylindre de gutta-percha de diamètre 1,5mm en exerçant une légère pression à l'insertion, et les neuf autres canaux se sont vus obturés avec un cylindre de gutta-percha de diamètre de 1mm, bien centré et sans pression à l'insertion. Les dix canaux restant servant de contrôle positifs et négatifs.

Les canaux ainsi préparés ont ensuite été stockés dans un environnement à 37°C dans une humidité à 100% pendant quatorze jours afin de laisser le ciment prendre. Les dents et le matériel nécessaire aux mesures de pénétration bactérienne ont ensuite été préparés et les canaux ont été mis en incubation à 37°C pendant neuf semaines.

- Résultats

Les résultats montrent que pour les sous-groupes présentant la plus mince couche de ciment canalaire (obturés avec les cylindres de gutta-percha de 1,5mm), on obtient une perte d'étanchéité de 55,6% pour le Pulp Canal Sealer®, 44,4% pour EndoRez®, 55,6% pour Sealapex® et 66,6% pour AH Plus®. Les analyses statistiques montrent une différence significative entre Pulp Canal Sealer®, EndoRez® et Sealapex® mais seulement à la neuvième semaine.

Les résultats montrent que pour les sous-groupes présentant la plus épaisse couche de ciment canalaire (obturés avec les cylindres de gutta-percha de 1mm), on obtient une perte d'étanchéité de 100% pour le Pulp Canal Sealer®, 88,9% pour EndoRez®, 100% pour Sealapex® et 44,4% pour AH Plus®. Les analyses statistiques montrent une différence significative entre AH-Plus® et Pulp Canal Sealer® ainsi qu'entre AH-Plus® et Sealapex® mais seulement à la neuvième semaine.

Tous les groupes, à l'exception de AH-Plus®, montrent une perte d'étanchéité plus importante lorsque les couches de ciment canalaire sont plus épaisses, et ce après trois, six et neuf semaines.

	GA1	GA2	GB1	GB2	GC1	GC2	GD1	GD2
GA1	55,60%	X						
GA2	X	100%						
GB1			0,20%	X				
GB2			X	88,90%				
GC1					33,30%	X		
GC2					X	100%		
GD1							55,60%	
GD2								44,40%
A 6 semaines								
GA1	55,60%	X						
GA2	X	100%						
GB1			44,40%	X				
GB2			X	88,90%				
GC1					33,30%	X		
GC2					X	100%		
GD1							55,60%	
GD2								44,40%
A 9 semaines								
GA1	55,60%	X	X					
GA2	X	100%						X
GB1	X		44,40%	X	X			
GB2			X	88,90%				
GC1			X		55,60%	X		
GC2					X	100%		X
GD1							66,60%	
GD2		X				X		44,40%

Tableau 17. Mesure des fuites endodontiques par filtration liquidienne entre les différents ciments étudiés (De-Deus et coll., 2006).

X : Différence significative ($P < 0,05$) ; Case grisée : Aucune différence significative ($P \geq 0,05$)

Les groupes obturés avec du Pulp Canal Sealer® montrent une forte infiltration bactérienne et donc une forte perte d'étanchéité. D'autres études (McDougall et coll., 1999 ; Yared et coll., 1996) montrent en revanche que ce ciment canalaire obtient de bons résultats d'étanchéité.

Les groupes obturés avec Sealapex® montrent également une forte infiltration bactérienne. D'autres études montrent également une perte d'étanchéité croissante avec le temps pour les obturations réalisées avec ce type de ciment canalaire en raison d'une libération rapide des ions hydroxyles (Siqueira et coll., 2001).

Les groupes obturés avec les ciments canalaires à base résineuse (EndoRez® et AH-Plus®) obtiennent les meilleurs résultats. Dans cette étude, le ciment AH-Plus® obtient les meilleurs résultats, en accord avec les résultats de Timpawat et coll. (2001).

IV. 2. 1. 2. Entre les ciments canalaires Apexit® (CaOH), AH Plus® (Résine) et Ketac-Endo® (CVI).

Etude de Timpawat S. et coll. (2001)

- Matériel et Méthode

Soixante-quinze dents saines, incisives et canines maxillaires, ont été utilisées pour cette étude. Les couronnes ont été sectionnées afin de ne garder que des canaux de 13mm de long. Après préparation standardisée de ces derniers, les dents ont été divisées aléatoirement en trois groupes de dix-neuf (plus deux groupes de neuf dents pour les contrôles positifs et négatifs). Les canaux ont ensuite été obturés par condensation latérale en utilisant Apexit®, AH Plus® et Ketac-Endo® comme ciment de scellement canalaire. Les dents ainsi préparées ont ensuite été gardées dans un milieu présentant une humidité à 100% et une température de 37°C pendant quarante-huit heures afin de laisser le ciment prendre.

Après cela, les dents ont été recouvertes de deux couches de vernis excepté sur les trois derniers millimètres apicaux avant d'être préparées pour réaliser les tests d'étanchéité bactérienne à trente et soixante jours d'incubation.

- Résultats

Ciment	n	Fuite (%)	Absence de fuite (%)	Temps (jours)
AH-Plus®	16	25 (4)	75 (12)	21-30
Apexit®	17	58,8 (10)	42,2 (7)	21-30
Ketac-Endo®	15	13,3 (2)	86,7 (13)	16-30
Contrôle +	8	100 (8)	0 (0)	-
Contrôle -	9	0 (0)	100 (9)	-

Tableau 18. Nombre et pourcentage de fuites endodontiques après exposition à *Enterococcus faecalis* pendant trente jours (Timpawat et coll., 2001).

Ciment	n	Fuite (%)	Absence de fuite (%)	Temps (jours)
AH-Plus®	16	31,3 (5)	68,7 (11)	21-30
Apexit®	17	76,5 (13)	23,5 (7)	21-30
Ketac-Endo®	15	53,3 (8)	46,7 (13)	16-30
Contrôle +	8	100 (8)	0 (0)	-
Contrôle -	9	0 (0)	100 (9)	-

Tableau 19. Nombre et pourcentage de fuites endodontiques après exposition à *Enterococcus faecalis* pendant soixante jours (Timpawat et coll., 2001).

A trente jours, quatre des seize canaux (25%) obturés avec AH-Plus®, dix des dix-sept canaux (58,8%) obturés avec Apexit® et deux des quinze canaux obturés avec Ketac-Endo® (13,3%) présentent des fuites endodontiques. Il y a une différence significative entre AH-Plus® et Apexit® et également entre Ketac-Endo® et AH-Plus®. Apexit® montre le taux de fuite endodontique bactérienne le plus élevé à trente jours.

A soixante jours, cinq des seize canaux (31,3%) obturés avec AH-Plus®, treize des dix-sept canaux (76,5%) obturés avec Apexit® et huit des quinze canaux obturés avec Ketac-Endo® (53,3%) présentent des fuites endodontiques. Une différence significative est à noter entre AH-Plus® et Apexit® mais pas entre Ketac-Endo® et AH-Plus®. Apexit® montre le taux de fuite endodontique bactérienne le plus élevé à soixante jours.

La conclusion de cette étude est donc que les ciments à base de résine sont plus adaptés que ceux à base d'hydroxyde de calcium en terme d'étanchéité bactérienne. Les ciments à base de verre ionomère sont quant à eux légèrement moins bons que ceux à base de résine, mais sans différence significative. Cette étude nous permet également de voir une augmentation croissante de la percolation avec le temps, et ce quel que soit le ciment utilisé.

IV. 2. 1. 3. Discussion/Conclusion

La majeure partie de la littérature concernant l'étanchéité bactérienne des ciments de scellement canalaire s'accorde à dire que les ciments à base de résine offrent une des meilleures résistances à la percolation bactérienne.

Quelques études ne vont pas dans ce sens, Salz et coll. (2009) ont notamment trouvé un meilleur scellement des ciment canalaires à base d'hydroxyde

de calcium (Apexit Plus®) qu'à base résineuse (AH-Plus®) grâce à leurs meilleures propriétés physico-chimiques. D'autres études ne montrent en revanche aucune différence significative entre les ciments à base de résine, d'hydroxyde de calcium et d'oxyde de zinc eugénol (Chailertvanitul et coll., 1996 ; Chailertvanitul et coll., 1996 ; Moshonov et coll., 1995 ; Yücel et coll., 2006), toutefois les ciments résineux obtiendraient de meilleurs résultats mais sans différence significative.

Comme nous l'avons vu dans la présentation des ciments canalaires, les ciments à base de résine ont un très faible pouvoir bactéricide et fongicide. Effectivement, Kaplan et coll. (1999) ont démontré que AH-Plus® n'avait aucun effet d'inhibition sur *Candida albicans*, *Staphylococcus aureus* et *Streptococcus mutans*. Pourtant ce sont les ciments de cette famille (Surtout AH-Plus® et AH-26®) qui présentent la meilleure résistance face à la percolation bactérienne. Cette notion est due non pas à leur effet bactéricide presque nul, mais à leur forte adhésion à la gutta-percha et aux parois dentinaires combinée à leur insolubilité. De plus la meilleure étanchéité de AH-Plus® en plus grande épaisseur a déjà été retrouvée dans d'autres études, il a été montré que la contraction de prise des ciments résineux pouvait être réduite par l'écoulement du matériau lorsque ce dernier est présent en forte épaisseur en raison d'une transition pâte/solide prenant trente quatre heures (Wu et coll, 1995). Tous ces éléments et ces propriétés permettent aux ciments à base de résine d'avoir un fort pouvoir d'inhibition bactérienne et donc une bonne résistance à la percolation bactérienne, même en l'absence d'effet bactéricide.

Un grand nombre d'études est en accord avec ces affirmations. Shantiaee et coll. (2010) ont montré que AH-26® avait un pouvoir d'inhibition plus important que les ciments à base d'oxyde de zinc eugénol et qu'à base d'hydroxyde de calcium face à *Streptococcus mutans* et *Prevotella melaninogenicus*. Miyagak et coll. (2006) ont également montré que AH-Plus® présentait des activités antimicrobiennes à *Candida Albicans*, *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli*.

Certes d'autres études montrent le contraire (Aravind et coll., 2006), mais la quasi-totalité des études portées sur les percolations bactériennes démontre une meilleure étanchéité pour les obturations ayant utilisé des ciments à base de résine époxy (AH-Plus® et AH-26®).

Les ciments à base de verre ionomère seraient moins bons que ces derniers. Effectivement plusieurs études ont montré que cette famille de ciment possédait une très faible action antibactérienne. Abdulkader et coll. (1996) ont obtenu une moins bonne action antibactérienne pour ces derniers que pour des ciments à base d'oxyde de zinc eugénol. Heling et Chandler (1996) n'ont montré aucun effet antibactérien de Ketac-Endo® après vingt-quatre heures et que ce dernier obtenait de moins bons résultats que les ciments à base d'hydroxyde de calcium (Sealapex®), à base d'oxyde de zinc eugénol (Pulp Canal Sealer®) et à base de résine (AH-26®), en accord avec l'étude de Timpawat et coll. (2001).

Peu d'études ont été réalisées sur les ciments à base de silicone, mais les résultats obtenus indiquent une meilleure résistance à la pénétration bactérienne que les autres classes de ciment de scellement canalaire (Eldeniz et Orstavik, 2009).

IV. 2. 2. Comparaison des fuites endodontiques par pénétration de colorant.

IV. 2. 2. 1. Entre les ciments canalaires Pulp Canal Sealer® (OzE), Sealapex® (CaOH), AH Plus® (Résine), Endométhasone® (OzE) et Epiphany Root Canal Sealant® (Résine).

Etude de Almeida J.F.A. et coll. (2007)

- Matériel et Méthode

Soixante-quatre dents antérieures mono-radiculées maxillaires ont été utilisées pour cette étude, leurs couronnes ont été sectionnées pour ne garder que des canaux d'une longueur de 15mm. Deux canaux latéraux ont ensuite été créés au niveau du tiers apical et au milieu du canal de chaque racine avant d'être divisées de façon aléatoire en cinq groupes.

Avant préparation canalaire, des blocs d'alginate sont réalisés autour de chaque racine pour contenir le ciment de scellement des canaux latéraux artificiels et pour simuler un desmodonte.

Après préparation canalaire standardisée, les dents sont obturées par condensation latérale avec des cônes de gutta-percha (ou Resilon® pour le groupe Epiphany®) et avec cinq différents ciments de scellement canalaire : Pulp Canal

Sealer®, Sealapex®, AH Plus®, Endométhasone® et Epiphany Root Canal Sealant®.

Les racines sont ensuite recouvertes de deux couches de vernis (sauf au niveau des canaux latéraux) avant d'être immergées pendant vingt-quatre heures dans de l'encre de Chine.

Toutes les dents sont ensuite conservées pendant quarante-huit heures dans un environnement à haute humidité et à 37°C (sauf le groupe Epiphany® qui le restera pendant quatorze jours). Après quoi les tests de mesure sont entrepris.

- Résultats

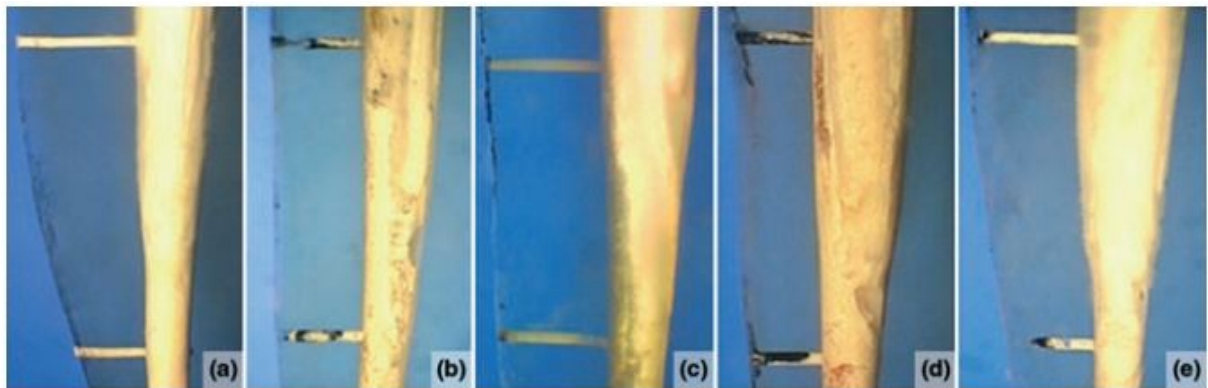


Figure 41. Comparaison des fuites endodontiques par pénétration de colorant entre les différents ciments étudiés (Almeida et coll., 2007).

- Le canal (a) est obturé par AH-Plus®, il montre des canaux latéraux correctement obturés et sans présence de pénétration de colorant.
- Le canal (b) est obturé par Endométhasone®, il montre des canaux latéraux partiellement obturés et la présence d'une pénétration de colorant.
- Le canal (c) est obturé par Epiphany Root Canal Sealant®, il montre des canaux latéraux correctement obturés et sans présence de pénétration de colorant.
- Le canal (d) est obturé par Pulp Canal Sealer®, il montre des canaux latéraux convenablement obturés mais présente une forte pénétration de colorant.
- Le canal (e) est obturé par Sealapex®, il montre des canaux latéraux partiellement obturés surtout dans le tiers apical et la présence d'une légère pénétration de colorant.

Les résultats de cette étude ne montrent aucune différence significative sur la capacité d'obturation de ces différents ciments de scellement. En revanche elle

souligne une meilleure capacité de scellement étanche pour les ciments à base résineuse (AH-Plus® et Epiphany Root Canal Sealant®) et à base d'hydroxyde de calcium (Sealapex®) que pour les ciments à base d'oxyde de zinc eugénol (Endométhasone® et Pulp Canal Sealer®).

Ces résultats sont en accord avec plusieurs autres études (Barnett et coll.,1989 ; Barkhordar et coll.,1992 ; Kielbassa et coll.,2007 ; Orstavik et coll.,1983 ; Limkangwalmongkol et coll., 1992) qui démontrent toutes une supériorité des ciments à base de résine, suivi des ciments à base d'hydroxyde de calcium puis à base d'oxyde de zinc.

IV. 2. 2. 2. Entre les ciments canaux Ketac-Endo® (CVI), et AH-26® (Résine).

Etude de Oliver C.M. et Abbott P.V. (1998)

- Matériel et Méthode

Vingt-huit incisives maxillaires, dont les couronnes ont été sectionnées jusqu'au niveau de la jonction amélo-cémentaire, ont été utilisées pour cette étude. Après préparation standardisée des canaux, les dents ont été divisées aléatoirement en deux groupes de douze (les quatre restantes servant pour les contrôles positifs et négatifs) avant d'être obturées par condensation latérale soit avec du Kétac-Endo® (groupe 1) soit avec du AH-26® (groupe 2). Dans le groupe 1, les 3mm coronaires de gutta-percha ont été retirés et remplacés par du Ketac-Endo® de la façon suivante :

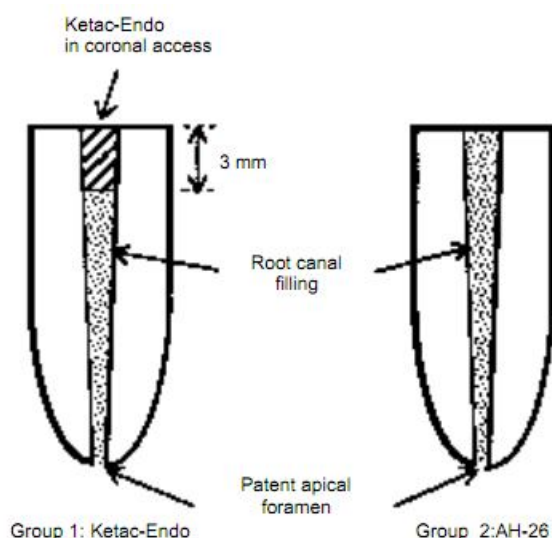


Figure 42. Obturation canalaire au Ketac-Endo® et AH-26® avant comparaison de leur étanchéité par pénétration de colorant (Oliver et Abbott, 1998).

Les dents ont ensuite été placées dans un milieu présentant une humidité à 100% pendant soixante-douze heures afin de laisser les ciments de scellement prendre.

Après ces trois jours elles ont été recouvertes de deux couches de vernis (excepté sur la coupe en coronaire et sur les deux derniers millimètres apicaux) avant d'être immergées dans du bleu de méthylène pendant deux jours puis préparées pour les mesures linéaires de pénétration du colorant.

- Résultats

Groupe	Ciment	n	Pénétration apicale de colorant		Pénétration coronaire de colorant	
			Moyenne (+ET)	Temps (j)	Moyenne (+ET)	Temps (j)
1	Ketac-Endo	12	1,08 ± 0,85	0-3,0	6,29 ± 1,85	3,5-9,0
2	AH-26	12	0,75 ± 1,16	0-3,5	6,67 ± 30,1	2,0-11,0
3	Contrôle					
	-	2	Total		Total	
	+	2	Rien		Rien	

Tableau 20. Mesure des fuites endodontiques par pénétration de colorant entre les différents ciments étudiés (Oliver et Abbott, 1998).

L'étude nous montre de meilleurs résultats pour AH-26®, mais sans différence significative. De plus, il a été prouvé que l'utilisation d'EDTA avant l'obturation canalaire à l'aide d'un ciment verre ionomère aboutissait à une moins bonne adhésion de ce dernier (Powis et coll. 1982), or les préparations canalaires réalisées dans cette étude utilisaient de l'EDTA.

On peut donc conclure de cette étude que le ciment de scellement Ketac-Endo® permet d'obtenir un scellement apical et coronaire similaire à celui obtenu par AH-26®.

IV. 2. 2. 3. Discussion/Conclusion

Les études basées sur les mesures linéaires de colorant obtiennent des résultats très différents, elles permettent avant tout de voir si un matériau est étanche ou non sans pouvoir réellement établir un classement sur leur capacité de résistance à la percolation.

Cependant, les résultats de cette technique peuvent s'entrecouper avec ceux obtenus par d'autres techniques de mesures. Orstavik et coll. (1983) ont

effectivement montré que le pouvoir de scellement des ciments canalaires à base de résine était plus important que celui des ciments canalaires à base d'oxyde de zinc, que ce soit avec ou sans eugénol. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par pénétration bactérienne tout comme les études de Barnett et coll. (1989), Barkhordar et coll. (1992) et Kielbassa et coll. (2007) qui ont montré que les ciments de scellement à base d'oxyde de zinc eugénol entraînaient des fuites endodontiques plus importantes que les ciments de scellement à base d'hydroxyde de calcium (Sealapex®).

Un grand nombre d'études a également été réalisé pour comparer des ciments de scellement d'une même famille. Il en est ressorti que AH-Plus® était un des meilleurs ciments de scellement à base de résine (Souza et coll., 2009 ; Sevimay et Kalayci, 2005).

Concernant les ciments à base de verre ionomère, certaines études montrent une moins bonne résistance à la percolation que les ciments à base de résine (Almeida et coll., 2000) mais toutes montrent de meilleurs résultats qu'avec les ciments à base d'oxyde de zinc eugénol (Kocll et coll., 1994 ; Oliver et Abbott, 1998 ; Almeida et coll., 2007).

Concernant les ciments à base de silicone, des études portées sur la comparaison entre ces derniers (Gutta-Flow®) et sur les ciments à base résineuse (AH-Plus®) aboutissent à des résultats significativement meilleurs pour ces nouveaux venus (Savariz et coll., 2010). Whitworth et Baco (2005) ont quant à eux montré que des canaux entièrement remplis de RoekoSeal Automix® et de AH-Plus® sans cône de gutta-percha obtenaient des résultats identiques en terme de fuite endodontique et que ces fuites étaient plus importantes avec des cônes de gutta-percha. Enfin Eldeniz et Orstavik (2009) montrent que ces ciments (Gutta-Flow®) offrent une meilleure résistance aux pénétrations bactériennes que les autres classes de ciment.

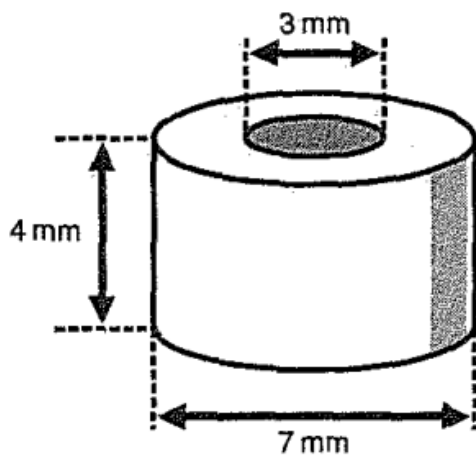
D'autres études montrent néanmoins une absence de différence significative entre les ciments à base d'oxyde de zinc et les ciments à base de résine ou de silicone en terme de pénétration de colorant (Lucena-Martin et coll., 2002).

IV. 2. 3. Comparaison des fuites endodontiques par filtration liquidienne (mesure des fluides sous pression).

IV. 2. 3. 1. Entre les ciments canaux Tubli-Seal® (OzE), Sealapex® (CaOH), AH26® (Résine) et Ketac-Endo® (VI).

Etude de Wu M.K. et coll. (1994)

- Matériel et Méthode



Les canaux d'incisives centrales de bovin ont été utilisés pour cette étude. Ils ont été coupés afin d'obtenir deux cent soixante sections canales représentant approximativement des cylindres de 4mm de haut sur 7mm de large, avec une lumière pulpaire de 3mm de diamètre.

Figure 43. Cylindre de préparation (Wu et coll., 1994).

Soixante sections canales ont été utilisées pour chaque ciment canalair : Tubli-Seal®, Sealapex®, AH26® et Ketac-Endo®. A chaque fois, vingt sections ont été uniquement remplies par du ciment entraînant une couche de ciment de 3mm, vingt sections ont été remplies par un cylindre de gutta-percha de 3mm de diamètre entraînant une fine couche de ciment de 0,05mm et vingt sections ont été remplies par un cylindre de gutta-percha de 2,5mm de diamètre placé au centre de la lumière canalair entraînant la mise en place d'une couche de ciment de 0,25mm. Les sections canales restantes servant de contrôles positifs et négatifs.

Toutes les sections canales ont ensuite été conservées dans un milieu présentant une humidité à 100%, à 37°C pendant une semaine avant d'être étudiées par filtration liquidienne sous une pression de 0,5atm.

- Résultats

Ciment	Epaisseur (mm)	Nombre de section de racine			
		$0 \leq F \leq 0,4$	$0,4 \leq F \leq 20$	$F > 20$	Total
		BT	SL	GL	
AH-26®	0,05	1	3	16	20
	0,25	7	5	8	20
	3	6	9	5	20
Ketac-Endo®	0,05	8	7	5	20
	0,25	4	7	9	20
	3	0	0	20	20
Sealapex®	0,05	3	2	15	20
	0,25	6	6	8	20
	3	5	9	6	20
Tubli-Seal®	0,05	3	8	9	20
	0,25	0	0	20	20
	3	0	0	20	20

Tableau 21. Mesure des fuites endodontiques par filtration liquidienne entre les différents ciments étudiés en fonction de leur épaisseur (Wu et coll., 1994).

BT (bacterial tight) : diamètre des vides < 2 µm.

SL (slight leakage) : diamètre des vides compris entre 2 et 5 µm.

GL (gross leakage) : diamètre des vides > 5µm.

A 3mm d'épaisseur, aucune différence significative n'a été relevée entre les ciments Ketac-Endo®, AH-26® et Sealapex® mais leur capacité de scellement est meilleure que celle de TubliSeal®.

A 0,25mm d'épaisseur, aucune différence significative n'a été relevée entre les ciments AH-26® et Sealapex®, mais leur capacité de scellement est meilleure que celle des TubliSeal® et Ketac-Endo®.

A 0,05mm d'épaisseur, le ciment canalaire Ketac-Endo® a une capacité de scellement significativement supérieure aux trois autres.

Ainsi, les ciments verres ionomères et à base résineuse obtiennent de meilleurs résultats que les ciments à base d'hydroxyde de calcium et à base d'oxyde de zinc eugénol en terme de résistance à la percolation. De plus, l'étude a été reprise l'année suivante afin de voir l'évolution des fuites endodontiques à un an, les résultats restent inchangés, Ketac-Endo® et AH-26® obtiennent toujours les meilleurs résultats (Wu et coll., 1995).

	Mesure après 1 an de stockage dans l'eau				
Ciment	BT	SL	GL	%	
AH-26®	1	15	1	6	17
	3	13	3	16	19
	3	13	1	6	17
Ketac-Endo®	6	10	0	0	16
	2	16	2	10	20
	0	0	16	100	16
Sealapex®	1	10	9	45	20
	0	0	20	100	20
	0	0	20	100	20
Tubli-Seal®	0	18	2	10	20
	2	12	6	30	20
	0	0	20	100	20
Total	18	107	100		225

Tableau 22. Mesure des fuites endodontiques par filtration liquidienne entre les différents ciments étudiés après 1 an stockés dans de l'eau (Wu et coll., 1994).

Ces résultats sont en accord avec ceux de Miletic et coll. (2002).

Cette étude nous permet également de voir que plus l'épaisseur d'un ciment est conséquente et plus les risques de fuites endodontiques sont importants.

Cette étude met en avant une meilleure capacité de scellement de Ketac-Endo® par rapport à AH-26®. D'autres études avec les mêmes auteurs ont été poursuivies entre ces deux ciments de scellement et ont abouti cette fois-ci au contraire (De Gee et coll., 1994).

Ciment	$0 \leq F < 0,4$	$0,4 \leq F \leq 25$	$F > 25$	Total
	BT	SL	GL	
Ketac-Endo®	1	1	13	15
AH-26®	0	11	4	15

Tableau 23. Mesure des fuites endodontiques par filtration liquidienne entre les différents ciments étudiés (Wu et coll., 1994).

Cette différence a été attribuée à une prise plus rapide, un rétrécissement volumétrique plus important et des défauts d'adhésion lors de la prise du Ketac-Endo®.

IV. 2. 3. 2. Entre les ciments canalaires Sultan® (Oz sans E), RoekoSeal® (Silicone), AH-Plus® (Résine) et Ketac-Endo® (VI).

Cobankara F.K. et coll. (2002)

- Matériel et Méthode

Quarante incisives maxillaires aux canaux droits ont été utilisées pour cette étude. Leurs couronnes ont ensuite été sectionnées pour standardiser leurs tailles à 15mm de long. Après préparation standardisée de tous les canaux, les dents ont été divisées de façon aléatoire en quatre groupes de dix. Puis tous les canaux ont été obturés par condensation latérale avec quatre ciments canalaires différents propre à chaque groupe : Sultan®, RoekoSeal®, AH-Plus® et Ketac-Endo®.

Les cavités d'accès ont ensuite été remplies de Cavit® puis les dents ont été conservées dans une solution saline à 37°C pendant une semaine avant d'être préparées aux mesures par filtration liquidienne sous 0,2atm de pression.

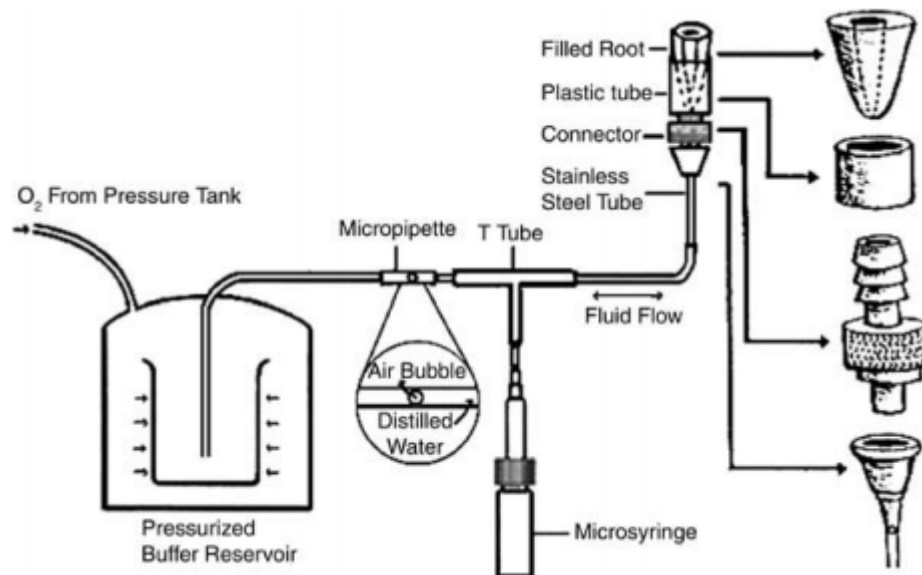


Figure 44. Mesure des fuites endodontiques par filtration liquidienne (Cobankara et coll., 2002).

- Résultats

Période	Ciment	n	Moyenne \pm Ecart Type ($\mu\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$ par cm d' H_2O)
7ème jour	AH-Plus®	10	$2,876 \cdot 10^{-4} \pm 1,460 \cdot 10^{-4}$
	Ketac-Endo®	10	$2,57 \cdot 10^{-4} \pm 1,067 \cdot 10^{-4}$
	RoekoSeal®	10	$5,658 \cdot 10^{-4} \pm 2,947 \cdot 10^{-4}$
	Sultan®	10	$6,921 \cdot 10^{-4} \pm 2,907 \cdot 10^{-4}$
14ème jour	AH-Plus®	10	$0,692 \cdot 10^{-4} \pm 0,879 \cdot 10^{-4}$
	Ketac-Endo®	10	$0,651 \cdot 10^{-4} \pm 0,525 \cdot 10^{-4}$
	RoekoSeal®	10	$0,917 \cdot 10^{-4} \pm 0,792 \cdot 10^{-4}$
	Sultan®	10	$2,923 \cdot 10^{-4} \pm 1,110 \cdot 10^{-4}$
21ème jour	AH-Plus®	10	$0,466 \cdot 10^{-4} \pm 0,538 \cdot 10^{-4}$
	Ketac-Endo®	10	$0,326 \cdot 10^{-4} \pm 0,504 \cdot 10^{-4}$
	RoekoSeal®	10	$0,257 \cdot 10^{-4} \pm 0,266 \cdot 10^{-4}$
	Sultan®	10	$1,269 \cdot 10^{-4} \pm 0,705 \cdot 10^{-4}$

Tableau 24. Mesure des fuites endodontiques par filtration liquidienne entre les différents ciments étudiés (Cobankara et coll., 2002).

Tous les ciments canalaires montrent un meilleur scellement après vingt et un jours. Sultan® montre des fuites endodontiques significativement plus importantes que les autres ciments et ce à toutes les périodes mesurées. RoekoSeal® montre quant à lui les meilleurs résultats à vingt et un jours en comparaison avec AH-Plus® et Ketac-Endo®, mais sans différence significative. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par Bouillaguet et coll. (2007).

IV. 2. 3. 3. Discussion/Conclusion

Comme nous l'avons déjà vu, le manque de reproductibilité des autres techniques de mesures de fuites endodontiques à amener Wu et Wesselink (1993) à revoir ses méthodes d'évaluation et à recommander le système par mesure des fluides sous pression.

Ce dernier, grandement utilisé et reconnu comme technique de référence, met en évidence une infériorité des ciments à base d'oxyde de zinc par rapport aux autres ciments. Les ciments obtenant les meilleurs résultats sont ceux à base de résine (AH-Plus®), à base de verre ionomère (Ketac-Endo®) et à base de silicone (Roeko-Seal®).

Les ciments à base de verres ionomères ont été introduits dans les canaux de par leur forte adhésion aux tissus dentaires. De nombreuses études montrent sa supériorité face aux ciments à base d'oxyde de zinc eugénol (Koch et coll., 1994 ; Wu et coll., 1994). D'autres études viennent toutefois en contradiction avec ces résultats (Smith et Stiman, 1994 ; Rohde et coll., 1996) et d'autres démontrent une absence de différence significative entre ces deux types de ciment (Timpawat et Sripanaratanakul, 1998). Toutes ces différences sont dues aux erreurs de manipulation, aux différentes techniques d'obturation utilisées, à la durée des études, ou encore aux propriétés propres des ciments utilisés. Par exemple, l'utilisation d'EDTA avant l'obturation canalaire à l'aide d'un ciment verre ionomère entraînera une perte d'adhésion de ce dernier (Powis et coll. 1982).

Les études sur les ciments à base de résine sont plus unanimes. Ces ciments obtiennent de façon quasi-systématique des résultats meilleurs que les ciments à base d'oxyde de zinc et en général meilleurs que les ciments à base de verres ionomères (Almeida et coll., 2000). Leur excellente capacité de scellement apical se retrouve dans un grand nombre d'études (Grossman 1976 ; Limkangwalmongkol et coll., 1991). Une fois encore, le ciment à base de résine montre les meilleurs résultats, lors des études comparatives avec des ciments du même groupe le AH-Plus® apparaît comme le plus satisfaisant (Da Silva Neto et coll., 2007)

Les ciments à base de silicone (RoekoSeal, GuttaFlow) sont assez récents et peu d'études traitent de ces derniers. Les résultats qui en ressortent pour le moment sont plutôt encourageants, soit ils sont meilleurs que les ciments à base de résine (Cobankara et coll., 2002 ; Bouillaguet et coll., 2007) soit d'efficacité égale (Bartuskova et Perinka, 2001). Ils apparaissent en revanche meilleurs que les ciments à base d'oxyde de zinc eugénol (Miller et coll., 2001) et que ceux à base d'hydroxyde de calcium (Malic et coll., 2008).

D'après les études actuelles et par ordre croissant d'efficacité à sceller de façon étanche un canal, on pourrait classer les ciment endodontiques de la façon suivante :

- Ciment OzE.
- Ciment Ca(OH)_2 .
- Ciment VI - Ciment Résine - Ciment Silicone.

A noter que ce classement est également en accord avec les résultats obtenus avec les techniques de mesure par pénétration de colorant et par pénétration bactérienne. Seuls les ciments de scellement à base de verres ionomères obtiennent des résultats très différents d'une étude à l'autre, et ce certainement de par leur sensibilité aux protocoles opératoires.

IV. 2. 4. Influence de la présence ou de l'absence de smear layer (boue dentinaire)

Gettleman et coll. (1991) ont étudié l'influence de la boue dentinaire sur la capacité d'adhésion des ciments de scellement à la dentine. Un total de cent vingt dents a été utilisé, réparties en trois groupes de quarante pour chaque ciment AH-26®, Sultan® et Sealpapex® avec à chaque fois vingt dents obturées avec et vingt dents obturées sans smear layer. Après préparation des dents et analyse des résultats, la seule différence significative concernait AH-26® qui avait une meilleure capacité d'adhésion à la dentine lorsque la smear layer était éliminée par EDTA.

Des études précédentes suggéraient que la smear layer pouvait être une barrière anti-diffusion capable de prévenir les pénétrations bactériennes par les tubulis dentinaires. Les études actuelles montrent que les tubulis ouverts sont obturés par les ciments de scellement. Kokkas et coll. (2004) ont étudié l'influence de la smear layer sur la pénétration des ciments d'obturation dans les tubulis dentinaires. Soixante-quatre dents ont été utilisées pour cette étude et réparties en deux groupes, l'un avec la smear layer éliminée par EDTA et le second où la smear layer a été conservée. Dix dents de chaque groupe ont ensuite été obturées par condensation latérale et avec AH-Plus®, Apexit® et Roth 811® (OzE). Après obturation, le degré de pénétration tubulaire a été observé au tiers apical, médian et coronaire de chaque canal. Les résultats montrent qu'en présence de smear layer, aucun ciment n'a pénétré les tubulis dentinaires alors qu'en son absence, les trois ciments ont pu pénétrer dans les tubulis dentinaires.

Clark-Holke et coll. (2003) ont quant à eux étudié l'influence de cette dernière sur la pénétration bactérienne. Trente dents ont été utilisées dans cette étude, réparties en deux groupes, l'un avec la smear layer éliminée par EDTA et le second où la smear layer a été conservée. Après obturation par condensation latérale et

avec AH-26®, les dents sont exposées à *Fusobacterium nucleatum*, *Campylobacter rectus* et *Peptostreptococcus micros* pendant soixante jours à 37°C. Après analyse, il en ressort que l'élimination de la smear layer permet une réduction des fuites endodontiques. De même Behrend et coll. (1996) ont abouti aux mêmes conclusions en utilisant des ciments à base d'oxyde de zinc eugénol. En revanche les études de Chailertvanikul et coll. (1996) et Saleh et coll. (2007) montrent que l'élimination de la smear layer n'empêche pas la pénétration bactérienne le long des canaux obturés, même si cette dernière pourrait être plus lente.

Saunders et Saunders (1992) ont réalisé le même genre d'étude mais par pénétration de colorant. Leur étude a montré que les ciments de scellement à base d'oxyde de zinc (Tubliseal®) et à base de verres ionomères présentaient moins de fuites endodontiques en l'absence de smear layer. Les études de Karagöz-Küçükay et Bayirli (1994) par analyse électrochimique ont également montré une meilleure résistance aux fuites endodontiques pour les ciments à base d'hydroxyde de calcium en l'absence de smear layer.

Cobankara et coll. (2004) ont étudié l'influence de la smear layer sur les fuites endodontiques apicales et coronaires de canaux obturés avec AH-26® et RoekoSeal® par filtration liquidienne. Cent soixante dents ont été nécessaires pour cette étude afin de créer huit groupes de dents pour étudier toutes les combinaisons possibles des trois facteurs concernés : smear layer (présence/absence), fuite endodontique (apicale/coronaire) et ciment de scellement (AH-26®/Roekoseal®). Après préparation de toutes les dents et analyse par filtration liquidienne, il en ressort que l'élimination de la smear layer permet d'obtenir des fuites endodontiques plus faible en apical comme en coronaire, aussi bien avec AH-26® qu'avec Roekoseal®.

En conclusion, toutes les études sont en accord pour dire que l'élimination de la smear layer aura soit un effet largement bénéfique sur la pérennité du traitement endodontique, soit ne changera rien à ce dernier. Il est donc préférable d'utiliser un agent chélatant tel que l'EDTA afin de permettre l'élimination de cette dernière. A noter toutefois qu'avec un ciment verre ionomère il sera préférable d'utiliser de l'acide citrique faiblement dosé plutôt que de l'EDTA pour ne pas altérer ses fonctions d'adhésion.

IV. 3. Que choisir au cabinet ?

Plusieurs techniques d'obturation ont été documentées dans la littérature. Avec l'arrivée des appareils d'obturation, de nouvelles techniques hybrides ont également vu le jour (technique combinée, technique Trifecta, technique Trifecta combinée, etc). Il n'existe pas vraiment de technique supérieure à une autre. Tout dépend de la façon dont l'endodontiste travaille avec une technique donnée. De façon générale, la majorité des études comparatives s'entend pour dire que les techniques qui utilisent une gutta-percha thermoplastifiée offrent un scellement supérieur à des techniques qui utilisent seulement une combinaison de gutta-percha et de ciment.

Ainsi, plusieurs chercheurs ont démontré que le taux de succès de l'obturation endodontique est grandement influencé par des étapes préliminaires comme une bonne préparation canalaire et l'élimination de la boue dentinaire, par l'utilisation conforme du ciment endodontique et par l'ajout de la gutta-percha en plusieurs segments lors de la deuxième vague. Le succès du traitement endodontique dépend directement de la capacité de l'opérateur à sceller de façon hermétique et stable toutes les communications endoparodontaes.

Quelle que soit la technique employée, elle est donc largement opérateur-dépendant. Chacune d'entre elles est parfaitement codifiée et le respect des règles de chacune conduit généralement au succès. Mais l'habileté et l'expérience sont deux facteurs qui peuvent moduler les avantages et les inconvénients de chaque technique. Quant au choix de la meilleure technique, c'est, pour l'omnipraticien, celle avec laquelle il obtient des résultats fiables et reproductibles. A chaque endodontiste de perfectionner sa technique d'obturation, pourvu qu'il tienne compte des propriétés des matériaux, des limitations des appareils et qu'il reste à l'affût des nouvelles recherches et technologies.

V. Conclusion

Le taux de remplissage canalaire n'est pas à lui seul un critère de réussite endodontique. Il contribue à améliorer les résistances face aux percolations en réduisant les vides endodontiques. Plus la quantité de gutta-percha est importante et celle en ciment de scellement canalaire est faible, plus le taux de réussite endodontique sera important. Il faut en effet déposer un film de ciment de scellement le plus fin et le plus uniforme possible pour permettre une bonne adhésion de la gutta-percha aux parois canalaire sans toutefois entraîner une perte d'étanchéité. Les études faites sur ce sujet montrent que les techniques de gutta-percha thermoplastifiée obtiennent des résultats largement meilleurs. Ainsi, les techniques à tuteur (Thermafil®) et l'association des techniques par vague de chaleur et par injection de gutta-percha (System B®/Obtura II®) sont celles obtenant le meilleur taux de remplissage endodontique.

L'obtention d'un scellement étanche et tridimensionnel parachève les étapes de nettoyage et de mise en forme canalaire. Une perte d'étanchéité, apicale ou coronaire, affecte le taux de succès de la thérapeutique endodontique. Plusieurs études ont cherché à déterminer les comportements face à la perte d'étanchéité des différentes techniques d'obturation. Aucune technique ne permet d'empêcher la survenue de percolation (De Moor et De Boever, 2000) et à plus ou moins long terme toutes ces techniques d'obturation canalaire tendent à avoir une percolation similaire (Rhome et coll., 1981 ; Yücel et Çiftçi, 2006). Malgré une absence de différence statistiquement significative sur l'ensemble des études, le compactage à chaud de gutta-percha semble être la technique conduisant à une obturation radiculaire de meilleure qualité. Ainsi on retrouve les techniques à tuteur et l'association des techniques par vague de chaleur et par injection de gutta-percha en première position, ce qui est en corrélation avec leur fort taux de remplissage endodontique.

Même si de nombreuses études à long terme ont démontré que le taux de succès endodontique était corrélé positivement aux critères de bonne qualité, l'obturation radiculaire ne peut être le seul paramètre d'influence sur l'état de santé péri-apicale. Kirkevang et coll. (2000) constatent que 35,1 % d'obturations techniquement satisfaisantes présentaient toujours une parodontite apicale. Ray et Trope (1995), ont constaté que 63,9 % des dents avec une restauration coronaire inadéquate présentaient une parodontite apicale. Un canal correctement obturé n'est pas à lui seul une barrière suffisante contre les phénomènes de percolation, un

scellement apical contrôlé et convenablement abouti doit donc être associé à un scellement coronaire pour que le traitement radiculaire soit un succès (Wu et coll., 1993).

Qu'en est-il de demain ?

L'arrivée de la gutta-percha il y a un siècle a changé le monde de l'endodontie, elle a progressivement remplacé les cônes d'argent et elle est toujours présente en endodontie de nos jours. Bien qu'elle soit le matériau de choix pour les obturations canalaires, on peut lui reprocher de ne pas adhérer aux parois dentinaires, cause de l'utilisation d'un ciment de scellement et donc des percolations potentielles. Les recherches ont donc continué dans le but de trouver un matériau qui posséderait toutes les propriétés de la gutta-percha mais qui pourrait aussi adhérer aux parois dentinaires. Le Resilon® est le matériel, jusqu'à ce jour, le plus prometteur qui pourrait un jour remplacer la gutta-percha. Le Resilon® ressemble à la gutta-percha, se manipule et est radiopaque comme la gutta-percha. Plusieurs études ont trouvé que le système Resilon/Epiphany® augmente la résistance aux percolations (Shipper et coll., 2004 ; Shipper et coll., 2005), augmente la solidité des racines traitées endodontiquement (Stuart et coll., 2006 ; Teixeira et coll., 2004) et a une meilleure activité antibactérienne grâce à son collage avec Epiphany® (Bodrumlu et Semiz, 2006 ; Eldeniz et Orstavik, 2009). De plus, il se thermoplastifie à plus faible température minimisant ainsi l'impact sur les tissus péri-apicaux. Bien que le Resilon® possède des qualités pleines de promesses, il s'agit d'un matériau relativement nouveau (Pawińska et coll., 2006), les études se multiplient mais le manque de données cliniques à long terme, la difficulté de maîtriser une nouvelle technique et l'absence de contre-indication avec la gutta-percha expliquent que cette dernière soit toujours populaire auprès des endodontistes.

Les études portant sur l'endodontie biologique se multiplient également. Elles montrent que l'apport de cellules souches par perforation de la papille apicale permet la formation après une dizaine de mois d'un tissu similaire à de l'os à l'intérieur du canal. Ces traitements ne sont possibles actuellement que sur les dents immatures en raison des quantités de cellules souches nécessaires. D'autres études sur les odontoblastes (Simon et coll., 2009 ; Simon et coll., 2010) ou encore sur la revascularisation pulpaire (Simon et Machtou, 2009) donnent des résultats très

prometteurs pour l'avenir de l'endodontie. L'ingénierie tissulaire en endodontie n'en est encore qu'à ses premiers pas mais risque de nous surprendre dans les décennies à venir.

Références bibliographiques

1. Abdulkader A., Duguid R., Saunders E.M. The antimicrobial activity of endodontic sealers to anaerobic bacteria. *Int Endo J*, 29:280-3, 1996.
2. Allan N.A., Walton R.E., Schaeffer M. Setting times for endodontic sealers under clinical usage and in vitro conditions. *J of Endod*, 27:421-413, 2001.
3. Almeida J.F.A., Gomes B.P.F.A., Ferraz C.C.R., Souza-Filho F.J. et Zaia A.A. Filling of artificial lateral canals and microleakage and flow of five endodontic sealers. *Int Endod J*, 40:692-9, 2007.
4. Almeida W.A., Leonardo M.R., Filho M.T. et Silva L.A.B. Evaluation of apical sealing of three endodontic sealers. *Int Endod J*, 33:25-27, 2000.
5. Almeida W.A., Leonardo M.R., Tanomaru F.M. et Silva L.A.B. Evaluation of apical sealing of three endodontic sealers. *Int Endod J*, 33:25-7, 2000.
6. Antonopoulos KG, Attin T, Hellwig E. Evaluation of the apical seal of root canal fillings with different methods. *J of Endod*, 24:655-658, 1988.
7. Aravind G.V., Kandaswamy D. et Jeyavel R.K. Comparative evaluation of the antimicrobial efficacy of five endodontic root canal sealers against *Enterococcus faecalis* and *Candida albicans*. *J Conserv Dent*, 9:2-12, 2006.
8. Barkhordar R.A., Stark M.M. et Soelberg K. Evaluation of the apical sealing ability of apatite root canal sealer. *Quintessence Int*, 23(7):515-518, 1992.
9. Barkins W, Montgomery S. Evaluation of Thermafil obturation of curved canals prepared by the Canal Master-U System. *J of Endod*, 18:285-9, 1992.
10. Barnett F, Trope M, Rooney J, Tronstad E. In vivo sealing ability of calcium hydroxide containing root canal sealers. *Endod DentTraumatol* 5:23-26, 1989.
11. Barthel C.R., Moshonov J., Shuping G. et Orstavik D. Bacterial leakage versus dye leakage in obturated root canals. *Int Endod J*, 32:370-375, 1999.
12. Baumgardner K.R., Taylor J. et Walton R. Canal adaptation and coronal leakage : Lateral condensation compared to Thermafil. *J Am Dent Assoc*, 126(3):351-6, 1995.
13. Beatty R.G., Baker P.S., Haddix J., Hart F. The efficacy of four root canal obturation techniques in preventing apical dye penetration. *J Am Dent Assoc*, 119(5):633-7, 1989.
14. Behrend G.D., Cutler C.W. et Gutmann J.L. An in-vitro study of smear layer removal and microbial leakage along root-canal fillings. *Int Endod J*, 29:99-107, 1996.

15. Bennani A., Elouazzani Ech Chahdi A., Lahlou Kh., Jabri M. et Benkiran I. Etude expérimentale de l'étanchéité des obturations canalaires : comparaison entre obturation par condensation latérale à froid et obturation au Thermafil. *Le courrier du dentiste*, 2003.
16. Bensoussan D. et Albou J.P. L'obturation canalair. Association dentaire française, Quintessence 1998.
17. Berard R. Comment se pratiquaient les soins dentaires au 19ème siècle ? *Inf Dent*, 40:3747-3757, 1994.
18. Bouillaguet S., Shaw L., Barthelemy J., Krejci I. et Wataha J.C. Long-term sealing ability of Pulp Canal sealer, AH-Plus, GuttaFlow and Epiphany. *Int Endod J*, 41:219-226, 2008.
19. Bouillaguet S., Wataha J.C., Lockwood P.E., Galgana C, Golay A. et Krejci I. Cytotoxicity and sealing properties of four classes of endodontic sealers evaluated by succinic dehydrogenase activity and confocal laser scanning microscopy. *Eur J Oral Sci*, 112:182-7, 2004.
20. Boussetta F, Bal S, Romeas A, Boivin G, Magloire H, Farge P. In vitro evaluation of apical microleakage following canal filling with a coated carrier system compared with lateral and thermomechanical gutta-percha condensation techniques. *Int Endod J*, 36:367-71, 2003.
21. Bricard H. Histoire de l'anesthésie ou naissance et essor d'une nouvelle spécialité : « l'Anesthésiologie ».
22. Brosco V., Bernardineli N. et Moraes I.G. In vitro evaluation of the apical sealing of rootcanals obturated with different techniques. *J Appl Oral Sci*, 11(3):181-5, 2003.
23. Brosco V., Bernardineli N., Torres S.-A, Consolaro A., Bramante C.M., De Moraes I.-G., Ordinola-Zapata R. et Garcia R.-B. Bacterial leakage in root canals obturated by different techniques. Part 1: microbiologic evaluation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology & Endodontology*, 105(1):48-53, 2008.
24. Brosco V., Bernardineli N., Torres S.A., Consolaro A., Bramante C.M., De Moraes I.G. et Garcia R.B. Bacterial leakage in obturated root canals. Part 2 : a comparative histologic and microbiologic analyses. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology & Endodontology*, 109(5):788-94, 2010.

25. Brothman P. A comparative study of vertical and lateral condensation of gutta-percha. *J of Endod*, 7:27-30, 1981.
26. Buchanan L.S. Gutta-percha cone fitting into tapered preparations : standardizing the use of non standard points. *Dent Today*, 15(5):42, 44, 46-7, 1995.
27. Bunn C.W. Molecular structure and rubberlike elasticity, part I : The crystal structure of beta guttapercha, rubber and polychlorafene. *Proc R Soc A*, 180:40, 1942.
28. Burns R.C. et Herbranson E.J. Tooth morphology and cavity preparation. In *Pathways of the pulp*. 8th ed. Cohen S., Burns R.C. edit, St Louis : Mosby. 173-229, 173.
29. Camps J. et Pashley D. Reliability of the dye penetration studies. *J of Endod*, 29:592-4, 2003.
30. Camps J., Ferlay V., Dejou J. Essai comparatif de la malléabilité de trois gutta-percha. *Rev Française d'Endo*, 8(2):33-9, 1989.
31. Cantatore G, Melanino V., Lupoli G. Analyse chimique, quantitative, point de fusion et temps de plastification de différents types de gutta-percha. *Endodontology*, 131:39-43, 1994.
32. Cathro P. R. et Love R. M. Comparison of MicroSeal and System B/Obtura II obturation techniques. *IntEndod J*, 36(12):876-82, 2003.
33. Chailertvanitkul P., Saunders W.P. et Mackenzie D. An assessment of microbial coronal leakage in teeth root filled with gutta-percha and three different sealers. *Int Endod J*, 29:387-392, 1996.
34. Chailertvanitkul P., Saunders W.P., Mackenzie D et Weetman D.A. An in vitro study of the coronal leakage of two root canal sealers using an obligate anaerobe microbial marker. *Int Endod J*, 29:249-55, 1996.
35. Cheryl S Budd, Norman Weller, James C. Kulild. A Comparison of Thermoplasticized Injectable Gutta-percha Obturation Techniques. *J of Endod*, 17(6):260-4, 1991.
36. Chohayeb AA. Comparison of conventional root canal obturation techniques with Thermafil obturators. *J of Endod*, 18:10-2, 1992.
37. Christopher S. Lea, Michael J. Apicella, Pete Mines, Peter P. Yancich, Harry Parker M. Comparison of the Obturation Density of Cold Lateral Compaction

Versus Warm Vertical Compaction Using the Continuous Wave of Condensation Technique. J of Endod, 31(1):37-9, 2005.

38. Claisse-Crinquette A. Les différentes techniques d'obturation canalaire - thermafil, microseal, system B, techniques combinées. Association dentaire française, Quintessence 1999.
39. Clark D.S. et ElDeeb M.E. Apical sealing ability of metal versus plastic carrier Thermanfil obturators. J of Endod 19:4-9, 1993.
40. Clark-Holke D, Drake D, Walton R, Rivera E, Guthmiller JM. Bacterial penetration through canals of endodontically treated teeth in the presence or absence of the smear layer. J Dent 31:275-281, 2003.
41. Cobankara F.K., Adanir N., Belli S. et Pashley D.H. A quantitative evaluation of apical leakage of four root-canal sealers. Int Endod J, 35:979-984, 2002.
42. Çobankara F.K., Adanr N., Belli S. Evaluation of the influence of smear layer on the apical and coronal sealing ability of two sealers. J of Endod 30:406-409, 2004.
43. Coolidge E. Endodontics, clinical pathology and treatment of dental pulp and pulpless teeth. Philadelphia : Lea and Febiger, 412, 1950.
44. Da Silva Neto U.X., De Moraes I.G., Westphalen V.P.D., Menezes R., Carneiro E. et Fariniuk L.F. Leakage of 4 resin-based root-canal sealers used with a single-cone technique. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology et Endodontology, 104:53-57, 2007.
45. Davalou S., Gutmann J.L. et Nunn M.H. Assessment of apical and coronal root canal seals using contemporary endodontic obturation and restorative materials and techniques. Int Endod J, 32(5):388-96, 1999.
46. De Gee A.J., Wu M.K. et Wesselink P.R. Sealing proprieties of Ketac-Endo glass ionomer cement and AH26 root canal sealers. Int Endod J, 27:239-44, 1994.
47. De Moor R.J.G., De Boever J.G. The sealing ability of an epoxy resin root canal sealer used with five gutta-percha obturation techniques. Endodont Traumat, 16:291-297, 2000.
48. Dechaume M., Huard P. Histoire illustrée de l'art dentaire. Paris : Dacosta, 620, 1977.
49. De-Deus G, Gurgel-Filho E.D., Magalhaes K.M. et Coutinho-Filho T. A laboratory analysis of gutta-percha-filled area obtained using Thermanfil, System B and lateral Condensation. Int Endod J, 39:378-83, 2006.

50. De-Deus G., Coutinho-Filho T., Reis C., Murad C. et Paciornik S. Polymicrobial leakage of four root canal sealers at two different thicknesses. *J of Endod*, 32(10):998-1001, 2006.
51. De-Deus G., Maniglia-Ferreira C.M., Gurgel-Filho E.D., Paciornik S., Machado A.C.R. et Coutinho-Filho T. Comparison of the percentage of gutta-percha-filled area obtained by Thermafil and System B. *Aust Endod J*, 33(2):55-61, 2007.
52. De-Deus G., Reis C., Beznos D., de Abranches A.M.G, Coutinho-Filhoand T. et Paciornik S. Limited ability of three commonly used thermoplasticized gutta-percha techniques in filling oval-shaped canals. *J of Endod*, 34(11):1401-5, 2008.
53. De-Deus Q.D. Frequency, location, and direction of lateral, secondary, and accessory canals. *J of Endod*, 1:361-5, 1975.
54. Delivanis P.D., Chapman K.A. Comparison and reliability of techniques for measuring leakage and marginal penetration. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 53:410-416, 1982.
55. Derkson G.D., Pashley D.H.,Derkson M.E. Microleakage measurement of selected restorative materials: a new in vitro method. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 56:435-40, 1986.
56. Dulac K.A., Nielsen C.J.,Tomazic T.J., Ferillo P.J. et Hatton J.F. Comparison of the obturation of lateral canals by six techniques. *J of Endod*, 25:376–380, 1999.
57. Dummer P.M.H., Kelly T., Meghji A., Sheikh I. Et Vanitchai J.T. An in vitro study of the quality of root fillings in teeth obturated by lateral condensation of gutta-percha or Thermafil obturators. *Int Endod J*, 26:99-105, 1993.
58. Dummer PM, Lyle L, Rawle J, Kennedy JK. A laboratory study of root fillings in teeth obturated by lateral condensation of gutta-percha or Thermafil obturators. *Int Endod J*, 27:32-38, 1994.
59. Dupont A.M. L'obturation canalaire définitive : quelles techniques pour une utilisation quotidienne. *Les Cahiers de l'ADF*, 2, 1998.
60. Eldeniz A.U. et Orstavik D. A laboratory assessment of coronal bacterial leakage in root canals filled with new and conventional sealers. *Int Endod J*, 42:303-12, 2009.

61. Emery O. Evaluation de l'étanchéité des obturations endocanalaire : revue de la littérature. *Rev Odont Stomat*, 31:279-297, 2002.
62. Facer S.R., Walton R.E. Intracanal distribution patterns of sealers following lateral condensation. *J of Endod*, 29:832-834, 2003.
63. Felstead A.M., Lumley P.J. et Harrington E. An in vitro investigation of Thermafil obturation at different temperatures. *Endod Dent Traumatol*, 10:141-3, 1994.
64. Gani O., Visvisian C., de Caso C. Quality of apical seal in curved canals using three types of spreaders. *J of Endod*, 26:581-5, 2000.
65. Gençoglu N. Comparison of 6 different gutta-percha techniques (part II): Thermafil, JS Quick-Fill, Soft Core, Microseal, System B, and Lateral condensation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 96:91-5, 2003.
66. Gençoglu N., Garip Y., Bas M., Samani S. Comparison of different gutta-percha root filling techniques : Thermafil, Quick-Fill, System B, and lateral condensation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology & Endodontology*, 93:333-336, 2002.
67. Gençoglu N., Oruçoglu H. et Helvacioğlu D. Apical Leakage of Different Gutta-Percha Techniques : Thermafil, Js Quick-Fill, Soft Core, Microseal, System B and Lateral Condensation with a Computerized Fluid Filtration Meter. *Eur J Dent*, 1(2):97-103, 2007.
68. Gettleman B.H., Messer H.H., ElDeeb M.E. Adhesion of sealer cements to dentin with and without the smear layer. *J of Endod*, 17:15-20, 1991.
69. Gluskin AH, Brown D.C. et Buchanan L.S. A reconstructed computerized tomographic comparison of NiTi rotary GT files versus traditional instruments in canals shaped by novice operators. *Int Endod J*, 34:476-484, 2001.
70. Goldberg F., Artaza L.P. et De Silvio A. Effectiveness of different obturation techniques in the filling of simulated lateral canals. *J of Endod*, 27(5):362-4, 2001.
71. Goldberg F., Massone E.J., Esmoris M., Alfe D. Comparison of different techniques for obturating experimental internal resorptive cavities. *Endod Dent Traumatol*, 16: 116-21, 2000.

72. Goldman L.B., Goldman K.I., Kronman J.H., Letourneau J.M. Adaptation and porosity of poly-HEMA in a model system using microorganisms. *J of Endod*, 66:863-866, 1980.
73. Goldman M., Simmonds S. et Rush R. The usefulness of dye penetration studies reexamined. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology* 67:327-2, 1989.
74. Grossman L.I. Physical properties of root-canal cements. *J of Endod*, 2:166-75, 1976.
75. Gurnay B.F., Maywood I., Best E.J. et Gervasio G. Physical measurement on gutta-percha. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 32(2):260-70, 1971.
76. Heling I. et Chandler N.P. The antimicrobial effect within dentinal tubules of four root canal sealers. *J of Endod*, 22:257-9, 1996.
77. Heredia M.P., Gonzales J.C., Luque C.M.F. et Rodriguez M.P.G. Apical seal comparison of low-temperature thermoplasticized gutta-percha technique and lateral condensation with two different master cones. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*, 12:175-9, 2007.
78. Hoffman-Axthelm W. History of dentistry. Berlin : Quintessence, 435, 1981.
79. Horrocks M.P. et Qualtrough A. An in vitro comparison of three thermal gutta percha systems. *Int Endod J*, 34:335-336, 2001.
80. Hovland E.J., Dumsha T.C. Leakage evaluation in-vitro of the root canal cement Sealapex. *Int Endod J*, 18:179-182, 1985.
81. Hugh C. L., Walton R.E. et Facer S.R. Evaluation of intracanal sealer distribution with 5 different obturation techniques. *Quintessence International*, 36 (9):721-9, 2005.
82. Inan U., Aydemir H. et Tasdemir T. Leakage evaluation of three different root canal obturation techniques using electrochemical evaluation and dye penetration evaluation methods. *Aust Endod J*, 33:18-22, 2007.
83. Jacobson H.L.J., Xia T., Baumgartner J.C., Marshall J.G., Beeler W.J. Microbial leakage evaluation of the continuous wave of condensation. *J of Endod*, 28:269-271, 2002.
84. Jarret I.S., Marx D., Covey D., Karmazin M., Lavin M., Gound T. Percentage of canals filled in apical cross sections - an in vitro study of seven obturation techniques. *Int Endod J*, 37:392-398, 2004.

85. Kaplan A.E., Picca M., Gonzales M.I., Macchi R.L. et Moglatini S.L. Antibacterial effect of six endodontic sealers : an in vitro evaluation. *Endod Dent Traumatol*, 15:42-5, 1999.
86. Karagenç B., Gençoglu N., Ersoy M, Cansever G., Engr et Külekçi G. A comparison of four different microleakage tests for assessment of leakage of root canal fillings. *Oral surgery, Oral medicine, Oral pathology, Oral radiology and Endodontology*, 102(1):110-3, 2006.
87. Karagöz-Küçükay J. et Bayirli G. An apical leakage study in the presence and absence of the smear layer. *Int Endod J*, 27(2):87-93, 1994.
88. Kavanagh D. et Lumley P.J. An evaluation of canal preparation using Profile.04 and .06 instruments. *Endod Dent Traumatol* , 14:16-20, 1998.
89. Kenan Clinton, Van T. Himel. Comparison of a Warm Gutta-Percha Obturation Technique and lateral condensation. *J of Endod*, 27(11):692-95, 2001.
90. Kersten H.W. et Moorer W.R. Particles and molecules in endodontic leakage. *Int Endod J*, 22:118-24, 1989.
91. Kielbassa A.M., Uchtmann H., Wrbas K.T. et Bitter K. In vitro study assessing apical leakage of sealer only backfills in root canals of primary teeth. *J of Dentistry*, 35:607-13, 2007.
92. Kirkevang L.L., Ørstavik D., Hörsted-Bilandslev P., Wenzel A. Periapical status and quality of root fillings and coronal restorations in a Danish population. *Int Endod J*, 33:509-515, 2000.
93. Koch K., Min P.S., Stewart G.G. Comparison of apical leakage between Ketac-Endo sealer and Grossman sealer. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology* 78:784-7, 1994.
94. Kocll K., Min P.S. et Stewart G.G. Comparison of apical leakage between Ketac Endo sealer and Grossman sealer. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 78(6):784-7, 1994.
95. Kokkas A.B., Boutsoukis A.Ch., Vassiliadis L.P., Stavrianos C.K. The influence of the smear layer on dentinal tubule penetration depth by three different root canal sealers. *J of Endod* 30:100-102, 2004.
96. Kontakiotis E., Chaniotis A., Georgopoulou M. Fluid filtration evaluation of 3 obturation techniques. *Quintessence International*, 38(7):410-6, 2007.

97. Kytridou V., Gutmann J.L., Nunn M.H. Adaptation and sealability of two contemporary obturation techniques in the absence of the dentinal smear layer. *Int Endod J*, 32:464-474, 1999.
98. Lares C, elDeeb ME. The sealing ability of the Thermafil obturation technique. *J of Endod*, 16:474-9, 1990.
99. Lasfargues J.J. Concepts clinique en endodontie : L'essentiel de Réalités Cliniques. Editions SNPMD, Paris, 2005.
100. Laurent.E., Lombard J., Roth F., Rozet J.F. et Sauveur G. Manuel d'endodontie. Edition Masson, 1986.
101. Leaonardo M.R., Utilla L.S., Rothier A., Leonardo R.T et Consolaro A. A comparison of subcutaneous connective tissue responses among three different formulations of gutta-percha used in thermatic techniques. *Int Endo J*, 23(4):211-7, 1990.
102. Light Speed® : LSX and Simplifill® Technique Guide.
103. Limkangwalmongkol S., Burtscher P., Abbott P.V., Sandler A.B. et Bishop B.M. A comparative study of the apical leakage of four root-canal sealers and laterally condensed gutta-percha. *J of Endod*, 17:495-9, 1991.
104. Limkangwalmongkol S., Abbott P.V. et Sandler A.B. Apical dye penetration with four root canal sealers and gutta-percha using longitudinal sectioning. *J of Endod*, 18(1):535-9, 1992.
105. Lucena-Martin C., Ferrer-Luque C.M., Gonzalez-Rodriguez M.P., Robles-Gijon V. et Navajas-Rodriguez de Mondelo J.M. A comparative study of apical leakage of Endomethasone, Top Seal, and Roeko Seal Sealer cements. *J of Endod*, 28(6):423-6, 2002.
106. Machtou P. et coll. Endodontie. Editions CdP, Paris, 1993.
107. Machtou P., Bensoussan D., Cohen A.G., Klinghofer A., Mandel E. et Stroumza J. Guide clinique d'endodontie. Paris : Edition CdP, 1993.
108. Maestroni F. et Laurichesse J.M. L'endodontie d'Henri Lentulo et celle d'aujourd'hui. *Actualités odonto-stomatologiques*, 150:307-20, 1985.
109. Malic I., Miletic I., Ribaric S.P., Potocki Z.B. et Anic I. The leakage of Apexit Plus and GuttaFlow Sealers. *Actua Stomatol Croat*, 42(2):140-146, 2008.
110. Marmasse A. Dentisterie Opératoire : Tome 2. Paris : Baillière, 699, 1976.
111. Marmotte V. Apport de la rotation continue en endodontie. Thèse, Nancy, 2000.

112. Masson V. L'évolution de matériel conduit-elle à la simplicité de l'acte endodontique ? Thèse, Nancy, 1999.
113. Matériaux et techniques d'obturation endodontique. Les Dossiers de l'ADF 2003.
114. Matloff I.R., Jensen J.R., Singer L. et Tabibi A . A comparison of methods used in root-canal sealability studies. Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology, 53:203-8, 1982.
115. Matloff I.R., Jensen J.R., Singer L., Tabibi A. A comparison of methods used in root canal sealability studies. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, 53:203-208, 1982.
116. McDougall IG, Patel V, Santerre P, Friedman S. Resistance of experimental glass ionomer cement sealers to bacterial penetration in vitro. J of Endod, 25:739-42, 1995.
117. McMurtrey L, Krell K, Wilcox L. A comparison between Thermafil and lateral condensation in highly curved canals. J of Endod, 18:68-71, 1992.
118. Michanowicz Andrew E., Czonstkowsky M., Piesco Nicholas P. Low-temperature (70°C) Injection Gutta-Percha: A SEM investigation. J of Endod, 12(2):64-7, 1986.
119. Miletic I., Ribaric S.P., Karlovic Z., Judic S., Bosnjak A. et Anic I. Apical leakage of five root canal sealers after one year of storage. J of Endod, 28(6):431-2, 2002.
120. Miller N.T., Jackson C.R., Razmus T.F. et Smith N.P. Evaluation of microleakage of RSA Roekosael Automix root canal sealer. Thesis submitted to the School of Dentistry of West Virginia University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Endodontics, 2001.
121. Miyagak D.C., Carvalho E.M.O.F., Robazza C.R.C., Chavasco J.K. et Levorato G.L. In vitro evaluation of the antimicrobial activity of endodontic sealers. Braz Oral Res, 20(4):303-6, 2006.
122. Moshonov J., Shuping G., Orstavik D., Broderius C.A. et Crawford J.J. Bacterial leakage along root fillings with different sealers in vitro (Abstract 717). Journal of Dental Research, 74, 101, 1995.
123. Namazikhah S. Dye Leakage Study : Comparing Conventional and New Techniques. CDA Journal, 28(6):435-442, 2000.

124. Nichols E. Lateral radicular disease due to lateral branching of the root canal. Oral surgery 16:839-845, 1963.
125. Norman R. Weller, Frank Kimbrough, Ronald W. Anderson. A Comparison of Thermoplastic Obturation Techniques : Adaptation to the Canal Walls. J of Endod, 23(11):703-6, 1997.
126. Oliver C.M. et Abbott P.V. An in vitro study of apical and coronal microleakage of laterally condensed gutta percha with Ketac-Endo and AH-26. Australian Dental Journal 43(4):262-8, 1998.
127. Oliver C.M. et Abbott P.V. Entrapped air and its effect on dye penetration of voids. Endodontics and Dental Traumatology 7(3):135-8, 1991.
128. Orstavik D., Eriksen H.M. et Beyer-Olsen E.M. Adhesive properties and leakage of root canal sealers in vitro. Int Endod J 16:59-63, 1983.
129. Pallarés A. et Faus V. A comparative study of the sealing ability of two root canal obturation techniques. J of Endod, 21(9):449-50, 1995.
130. Pashley E.L., Tao L., Pashley D.H. The sealing properties of temporary filling materials. Journal of Prosthetic Dentistry, 60:292-7, 1988.
131. Pawińska M., Kierklo A. et Marczuk-Kolada G. New technology in endodontics – the Resilon-Epiphaney system for obturation of root canals. Advances in Medical Sciences, 51:154-6, 2006.
132. Peli J.F. Endodontie : obturer plus vite et mieux... Association dentaire française, Quintessence 1998.
133. Peli J.F. Maîtrise du compactage de gutta en pratique quotidienne. Association dentaire française, Quintessence 2003.
134. Perez F. Obturation et nouvelles techniques : "ne nous laissons pas dépasser par notre matériel". Association dentaire française, Quintessence 2001.
135. Pertot W.J. et Simon S. Réussir le traitement endodontique. Quintessence International, 2004.
136. Pertot W.J. et Simon.S. Le traitement endodontique. Quintessence International, collection Réussir, 2009.
137. Pommel L, Camps J. In vitro apical leakage of system B compared with other filling techniques. J of Endod, 27:449-451, 2001.
138. Pommel L. Les techniques d'obturation canalaire. Association dentaire française, Quintessence 2006.
139. Pommel L., Jacquot B., Camps J. Lack of correlation among three methods for evaluation of apical leakage. J of Endod, 27:347-350, 2001.

140. PowiS D.R., Folleras T., Merson S.A. et Wilson A.D. Improved adhesion of a glass ionomer cement to dentine and enamel. *Journal of Dental Research* 61(12):1416-22, 1982.
141. Rajeswari P.,Gopikrishna V.,Parameswaran A.,Tina Gupta et Kandaswamy D. In-vitro evaluation of apical microleakage of Thermafil and Obtura II heated gutta-percha in comparison with cold lateral condensation using fluid filtration system. *Endodontology*, 17(2): 24-31, 2005.
142. Ray A.H., Trope M. Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration. *Int Endod J*, 28:12-18, 1995.
143. Ray H, Trope M, Buxt P, Switzer S. The influence of various factors on the radiographic periapical status of endodontically treated teeth (Abstract no. 7). *J of Endod*, 19:187, 1993
144. Reddy S.A. et Hicks M.L. Apical extrusion of debris using two hand and two rotary instrumentation techniques. *J of Endod*, 27:449-451, 2001.
145. Rhome B.H., Solomon E.A., Rabinowitz J.L. Isotopic evaluation of sealing properties of lateral condensation, vertical condensation and Hydron. *J of Endod*, 7:458-461,1981.
146. Richard S. Smith, Norman Weller, Robert J. Loushine, W. Frank Kimbrough. Effect of varying the Depth of Heat Application on the Adaptability of Gutta-percha during Warm Vertical Compaction. *J of Endod*, 26(11):668-72, 2000.
147. RohdeT.R., Bramwell J.D., Hutter J.W., Roahen J.O. An in vitro evaluation of microleakage of a newroot-canal sealer. *J of Endod*, 22:365-8, 1996.
148. Rubach W.C. et Mitchell D.F. Periodontal disease, accessory canals and pulp pathosis. *J Periodontol*, 36:34-8, 1965.
149. Saeed Rahimi, Siavash Savadi Oskoei, Shahriar Shahi, Ensiyeh Maljaei, Majid Abdolrahimi, Hadi Mokhtari et Ali Kazemi. In vitro comparison of apical microleakage following canal obturation with lateral and thermoplasticized gutta-percha compaction techniques. *African Journal of Biotechnology*, 9(48):8235-8240, 2010.
150. Saleh I.M., Ruyter I.E., Haapasalo M. et Orstavik D. Bacterial penetration along different root canal filling materials in the presence or absence of smear layer. *Int Endod J*, 41:32-40, 2008.

151. Salz U., Poppe D., Sbicego S. et Roulet J.F. Sealing proprieties of a new root canal sealer. *Int Endod J*, 42:1084-9, 2009.
152. Saunders W.P. et Saunders E.M. The effect of smear layer upon the coronal leakage of gutta-percha root fillings and a glass ionomer sealer. *Int Endod J*, 25:245-249, 1992.
153. Savariz A., Gonzales-Rodriguez M.P. et Ferrer-Luque C.M. Long-term sealing ability of GuttaFlow versus AH-Plus using different obturation techniques. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*, 15(6):936-41, 2010.
154. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am*, 18:269-296, 1974.
155. Schilder H., Goodman A., Aldrich W. The thermomechanical properties of gutta-percha I. The compressibility of gutta-percha. *Oral Surgery, Oral Pathology*, 37(6):946-53, 1974.
156. Schilder H., Goodman A., Aldrich W. The thermomechanical properties of gutta-percha III. Determination of phase transition temperature for gutta-percha. *Oral Surgery, Oral Pathology*, 38(1):109-114, 1974.
157. Schwartz S. Cours d'endodontie. Paris, 1981. Publication du texte intégral. Société Française d'Endodontie.
158. Seltzer S., Bender I.B., Smith J., Freedman I., Nazimov H. Endodontic failures : an analysis based on clinical, roentgenographic and histological findings. Part 1. *Oral surgery*, 23:500-516, 1967.
159. Sevimay S. et Kalayci A. Evaluation of apical sealing ability and adaptation to dentine of two resin-based sealers. *J of Oral Rehabilitation*, 32:105-10, 2005.
160. Shantiaee Y., Dianat O., Janani A. et Ahari G.K. In vitro evaluation of the antibacterial activity of three root canal sealers. *Iranian Endodontic Journal*, 5(1):1-5, 2010.
161. Shipper G., Orstavik D., Teixeira F.B., Trope M. An evaluation of microbial leakage in roots filled with a thermoplastic synthetic polymer based root canal filling material (Resilon). *J of Endod*, 30(5):342-7, 2004.
162. Shipper G., Teixeira F.B., Arnold R.R., Trope M. Periapical inflammation after coronal microbial inoculation of dog roots filled with gutta-percha or resilon. *J of Endod*, 31(2):91-6, 2005.
163. Silbert R. Les appareils et systèmes thermoplastifiants pour l'obturation canalaire. *J Ordre Dent Québec*, 44:173-81, 2007.

164. Simon S. et Machtou P. Endodontie Volume 2 : Retraitements. Edition CdP, Paris, 2009.
165. Simon S., Smith A.J., Lumley P.J., Berdal A. et Cooper P.R. The MAP Kinase Pathway Is Involved in Odontoblast Stimulation via p38 Phosphorylation. J of Endod, 36(2):256-9, 2010.
166. Simon S., Smith A.J., Lumley P.J., Berdal A., Smith G., Finney S. et Cooper P.R. Molecular characterization of young and mature odontoblasts. Bone, 45(4):693-703, 2009.
167. Simon.S. et coll. Endodontie Volume 1 : Traitements. Editions CdP, Paris, 2008.
168. Siqueira J.F., Rocas I., Abad E.C., Castro A.J., Gahyva S.M. et Favieri A. Ability of three root-end filling materials to prevent bacterial leakage. J of Endod, 27:673-5, 2001.
169. Siqueira J.F., Rocas I.N., Favieri A., Abad E.C., Castro A.J. et Gahyva S.M. Bacterial leakage in root canals obturated with 3 different techniques. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology & Endodontology, 90(5):647-650, 2000.
170. Smith M.A. et Steiman H.R. An in vitro evaluation of microleakage of two new and two old root-canal sealers. J of Endod, 20:18-21, 1994.
171. Souza E.M., Pappen F.G., Shemesh H., Bonanato-Estrela C et Bonetti-Filho I. Reliability of assessing dye penetration along root canal fillings using methylene blue. Aust Endod J, 35(3):158-63, 2009.
172. Spangberg L.S.W., Acierno T.G. et Cha B.Y. Influenced of entrapped air on the accuracy of leakage studies using dye penetration methods. J of Endod 15:548-5, 1989.
173. Starkey D.L., Anderson R.W., Pashley D.H. An evaluation of the effect of methylene blue dye pH on apical leakage. J of Endod, 19:435-9, 1993.
174. Stuart C.H., Schwartz S.A., Beeson T.J. Reinforcement of immature roots with a new resin filling material. J of Endod, 32(4):350-3, 2006
175. Swanson K, Madison S. An evaluation of coronal microleakage in endodontically treated teeth. Part I. Time periods. J of Endod, 2:56-9, 1987.
176. Teixeira F.B., Teixeira E.C., Thompson J.Y., Trope M. Fracture resistance of roots endodontically treated with a new resin filling material. J Am Dent Assoc, 135(5):646-52, 2004.

177. Thermafil endodontic obturators : detailed instructions for the use of Thermafil endodontic obturators. Product manual. Tulsa, Okla.: Tulsa Dental Products, 1992.
178. Timpawat S., Amornchat C. et Trisuwan W.-R. Bacterial Coronal Leakage after Obturation with Three Root Canal sealers. J of Endod, 27(1):36-39, 2001.
179. Timpawat S., Amornchat C. et Trisuwan W.R. Bacterial coronal leakage after obturation with three root canal sealers. J of Endod, 27:36-9, 2001.
180. Timpawat S., Sripanaratanakul S. Apical sealing ability of glass ionomer sealer with and without smear layer. J of Endod, 24:343-5, 1998.
181. Van Nieuwenhuysen J.P. Le rôle de l'obturation dans le traitement canalaire. Association dentaire française, Quintessence 2006.
182. Vasundhara S. et Prashanth B. R. Analysis of percentage of gutta-percha filled area using single cone, continuous wave compaction, Thermafil and Obtura II in 0.06 taper prepared root canals. Endodontology, 21(2):67-72, 2009.
183. Villegas J.C., Yoshioka T., Kobayashi C., Suda H. Three-step versus single-step use of system B: evaluation of gutta-percha root canal fillings and their adaptation to the canal walls. J of Endod, 30(10):719-21, 2004.
184. Whitworth J.M et Baco L. Coronal leakage of sealer-only backfill : an in vitro evaluation. J of Endod, 31(4):280-2, 2005.
185. Wimonchit S., Timpawat S. et Vongsavan N. A comparison of techniques for assessment of coronal dye leakage. J of Endod, 28(1):1-4., 2002.
186. Wu M.K. et Wesselink P.R. Endodontic leakage studies reconsidered. Part. I Methodology, application and relevance. Int Endod J, 26:37-43, 1993.
187. Wu M.K., De Gee A.J. et Wesselink P.R. Fluid transport and dye penetration along root canal filling. Int Endod J, 27:233-8, 1994.
188. Wu M.K., De Gee A.J. et Wesselink P.R. Leakage of four root canal sealers at different thickness. Int Endod J, 27:304-8, 1994.
189. Wu M.K., De Gee A.J., Wesselink P.R. et Moorer W.R. Fluid transport and bacterial penetration along root canal filling. Int Endod J, 26:203-8, 1993.
190. Wu M.K., Kastakova A, Weselink P. R. Quality of cold and warm gutta-percha fillings in oval canals in mandibular premolars. Int Endod J, 34:485-91, 2001.

191. Wu M.K., Wesselink P.R. et Boersma J. A 1-year follow-up study on leakage of four root canal sealers at different thicknesses. *Int Endod J*, 28:185-9, 1995.
192. Yared G.M. et Bou Dagher F. Sealing ability of the vertical condensation with different root canal sealers. *J of Endod*, 22:6-8, 1996.
193. Yücel A.Ç., Güler A., Güler A.M. et Ertas E. Bacterial penetration after obturation with four different root canal sealers. *J of Endod*, 32(9):890-3, 2006.
194. Yücel, A.Ç. et Çiftçi A. Effects of different root canal obturation techniques on bacterial penetration. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology & Endodontology*, 102(4):88-92, 2006.

Table des matières

Sommaire	8
Liste des figures	11
Liste des tableaux.....	14
I. Introduction.....	17
I. 1. Historique	18
I. 1. 1. De la fin du 18 ^{ème} siècle au début du 19 ^{ème} siècle	19
I. 1. 2. Le milieu du 19 ^{ème} siècle	19
I. 1. 3. De la fin du 19 ^{ème} siècle au début du 20 ^{ème}	20
I. 2. Données actuelles.....	21
II. Concept actuel du traitement endodontique	22
II. 1. Objectifs de l'endodontie	23
II. 2. Réalisation de la cavité d'accès endodontique.....	24
II. 3 Préparation du système canalaire	25
II. 3. 1. Cathétérisme.....	25
II. 3. 2. Nettoyage et mise en forme du système canalaire	26
II. 3. 3. Irrigation abondante et constante.....	28
II. 3. 4. Asséchement	29
II. 4. Obturation canalaire tridimensionnelle et étanche.....	30
II. 4. 1. Les matériaux.....	30
II. 4. 1. 1. Les ciments endodontiques	30
II. 4. 1. 1. 1. Les ciments endodontiques à base de mélange oxyde de zinc eugénol.....	31
II. 4. 1. 1. 2. Les ciments endodontiques à base d'hydroxyde de calcium ...	32
II. 4. 1. 1. 3. Les ciments endodontiques à base de polymère résineux	32
II. 4. 1. 1. 4. Les ciments endodontiques à base de verre ionomère	33
II. 4. 1. 1. 5. Les ciments endodontiques à base de silicone	33
II. 4. 1. 2. La gutta-percha.....	34

II. 4. 1. 2. 1. Propriétés thermiques.....	35
II. 4. 1. 2. 2. Propriétés biologiques	36
II. 4. 1. 2. 3. Propriétés physico-chimiques.....	36
II. 4. 2. Principes des techniques d'obturation classiques.....	37
II. 4. 3. Principes des techniques d'obturation actuelles.....	38
III. L'obturation canalair de nos jours.....	40
III. 1. Présentation des techniques actuelles	41
III. 1. 1. Les techniques de thermocompactage	41
III. 1. 1. 1. Technique combinée : compactage latéral et thermocompactage .	41
III. 1. 1. 2. Le système Microseal®.....	44
III. 1. 1. 3. Le système J.S.Quick-Fill®.....	47
III. 1. 2. Les systèmes avec tuteurs.....	49
III. 1. 2. 1. Le système Thermafil®.....	49
III. 1. 2. 2. Le système Herofill®.....	51
III. 1. 2. 3. Le système Soft Core®.....	52
III. 1. 2. 4. Le système Simplifill®.....	52
III. 1. 3. Les systèmes par vague de chaleur.....	55
III. 1. 3. 1. Le System B® de Buchanan.....	55
III. 1. 3. 2. Le système Touch'n Heat®.....	58
III. 1. 4. Les systèmes par injection.....	58
III. 1. 4. 1. Injection de gutta-percha chaude : Obtura II® et Ultrafill 3D®	58
III. 1. 4. 2. Injection de matériaux d'obturation coulable à froid : GuttaFlow® .	60
IV. Comparaison des techniques d'obturation canalair actuelles.....	63
IV. 1. Comparaison entre les techniques d'obturation à base de gutta-percha	64
IV. 1. 1. Pourcentage de remplissage endodontique en gutta-percha (PGFA), en ciment et en vide canalair	64
IV. 1. 1. 1. Analyse du PGFA entre le system B®, le système Thermafil® et le système Obtura II®.....	64

IV. 1. 1. 2. Analyse du PGFA entre le System B®, le système Thermafil® et la technique du thermocompactage.....	66
IV. 1. 1. 3. Analyse du PGFA et du ciment canalaire entre le System B® / Obtura II® et le système Microseal®	66
IV. 1. 1. 4. Analyse du PGFA, du ciment canalaire et des vides endodontiques entre le System B® et le système Thermafil®.	69
IV. 1. 1. 5. Analyse du PGFA, du ciment canalaire et des vides endodontiques entre le système Obtura II®, le System B® et le système Thermafil®.....	72
IV. 1. 1. 6. Analyse des études comparatives et discussion	77
IV. 1. 2. Pourcentage de fuite endodontique	78
IV. 1. 2. 1. Méthode d'évaluation de l'étanchéité des obturations radiculaires.	78
IV. 1. 2. 1. 1. Les tests de pénétration de bactéries.....	79
IV. 1. 2. 1. 2. Les tests de pénétration de colorant.	79
IV. 1. 2. 1. 3. La mesure des fluides sous pression.	79
IV. 1. 2. 2. Comparaison des fuites endodontiques par pénétration bactérienne.	81
IV. 1. 2. 2. 1. Entre les techniques d'obturation par condensation latérale, Microseal®, Touch'n Heat® / Ultrafil 3D® et techniques combinées.....	81
IV. 1. 2. 2. 2. Entre les techniques d'obturation par condensation latérale, mono-cône, Thermafil® et System B®.	83
IV. 1. 2. 2. 3. Discussion/Conclusion	84
IV. 1. 2. 3. Comparaison des fuites endodontiques par pénétration de colorant.	84
IV. 1. 2. 3. 1. Entre les techniques d'obturation par condensation latérale, Thermafil® et System B®.	84
IV. 1. 2. 3. 2. Entre les techniques d'obturation par condensation latérale, Ultrafil 3D® , System B®, JS QuickFill® et Microseal®.....	87
IV. 1. 2. 3. 3. Discussion/Conclusion	88

IV. 1. 2. 4. Comparaison des fuites endodontiques par filtration liquidienne (mesure des fluides sous pression).....	89
IV. 1. 2. 4. 1. A court terme entre les techniques de condensation latérale, Thermafil® et System B®.....	89
IV. 1. 2. 4. 2. A court terme entre les techniques de condensation latérale, Thermafil® et Obtura II®.....	91
IV. 1. 2. 4. 3. A moyen terme entre les techniques de condensation latérale, mono-cône, de condensation verticale, Thermafil® et System B®.....	93
IV. 1. 2. 4. 4. A long terme entre les techniques de condensation latérale, Thermafil®, System B®, JS Quick-Fill®, SoftCore® et Microseal®.....	94
IV. 1. 2. 4. 5. Conclusion	96
IV. 1. 2. 5. Analyse des études comparatives et discussion	96
IV. 1. 3. Capacité de scellement tridimensionnelle.....	97
IV. 2. Comparaison entre les ciments d'obturations	100
IV. 2. 1. Comparaison des fuites endodontiques par pénétration bactérienne. .100	
IV. 2. 1. 1. Entre les ciments canalaires Pulp Canal Sealer® (OzE), Sealapex® (CaOH), AH Plus® (Résine) et EndoRez® (Résine).....	100
IV. 2. 1. 2. Entre les ciments canalaires Apexit® (CaOH), AH Plus® (Résine) et Ketac-Endo® (CVI).....	103
IV. 2. 1. 3. Discussion/Conclusion	104
IV. 2. 2. Comparaison des fuites endodontiques par pénétration de colorant. .106	
IV. 2. 2. 1. Entre les ciments canalaires Pulp Canal Sealer® (OzE), Sealapex® (CaOH), AH Plus® (Résine), Endométhasone® (OzE) et Epiphany Root Canal Sealant® (Résine).	106
IV. 2. 2. 2. Entre les ciments canalaires Ketac-Endo® (CVI), et AH-26® (Résine).....	108
IV. 2. 2. 3. Discussion/Conclusion	109
IV. 2. 3. Comparaison des fuites endodontiques par filtration liquidienne (mesure des fluides sous pression).....	111

IV. 2. 3. 1. Entre les ciments canalaires Tubli-Seal® (OzE), Sealapex® (CaOH), AH26® (Résine) et Ketac-Endo® (VI).	111
IV. 2. 3. 2. Entre les ciments canalaires Sultan® (Oz sans E), RoekoSeal® (Silicone), AH-Plus® (Résine) et Ketac-Endo® (VI).....	114
IV. 2. 3. 3. Discussion/Conclusion	115
IV. 2. 4. Influence de la présence ou de l'absence de smear layer (boue dentinaire)	117
IV. 3. Que choisir au cabinet ?	119
V. Conclusion	120
Références bibliographiques	124
Table des matières	141

VINCENT Marin – Obturation canalaire en endodontie : techniques actuelles.

Nancy 2011: 147 f.

Th. : Chir.-Dent. : Nancy-1 : 2011

Mots clés : endodontie
obturation canalaire
étanchéité

Résumé :

VINCENT Marin – Obturation canalaire en endodontie : techniques actuelles.

Th. : Chir.-Dent. : Nancy-1 : 2011

L'obturation canalaire est la dernière étape du traitement endodontique permettant d'assurer la pérennité de l'organe dentaire. En l'espace de quelques années, un grand nombre de techniques d'obturations est apparu, toutes promettant un remplissage canalaire en gutta-percha de plus haute qualité et une étanchéité apicale et coronaire toujours meilleure.

Après un rappel sur l'histoire de l'art endodontique, les différentes phases du traitement endodontique, les différents types de matériaux d'obturation, les différentes familles de techniques d'obturation actuelles et de ciments de scellement sont décrits puis comparés entre eux par diverses techniques d'investigations.

L'analyse des différentes études permet ainsi de voir l'évolution dans le temps des traitements endodontiques réalisés avec des techniques d'obturation données et des ciments de scellement donnés. Malgré les résultats très hétérogènes de la littérature, certaines techniques et matériaux sont mis en avant par rapport à d'autres même si aucun d'entre eux ne répond pleinement au cahier des charges du traitement endodontique idéal.

Une classification des différentes familles d'obturation et de ciments de scellement est ensuite établie en fonction de ces données. Pour conclure, les différentes perspectives d'avenir dans ce domaine sont énoncées.

Membres du jury :

Pr P. AMBROSINI
Dr E. MORTIER
Dr J.M. Martrette
Dr Y. SIMON

Professeur des Universités
Maître de Conférences
Maître de Conférences
Ancien A.H.U.

Président
Juge
Juge
Juge

Adresse de l'auteur :

VINCENT Marin
17, rue de Belfort, appartement 38, 54000 Nancy

