UNIVERSITÉ DE NANTES
UNITÉ DE FORMATION ET DE RECHERCHE D'ODONTOLOGIE

Année 2021

N° 3701

L'obturation endodontique en omnipratique, le point en 2021

THÈSE POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE
DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

présentée
et soutenue publiquement par

THIERRY Pierre

le 17/02/2021 devant le jury ci-dessous

Président : Madame le Professeur Fabienne PEREZ
Assesseur : Madame le Docteur Valérie ARMENGOL
Assesseur : Madame le Docteur Cécile DUPAS

Directeur de thèse : Madame le Docteur Bénédicte ENKEL

UNIVERSITE DE NANTES
Président **Pr BERNAULT Carine**
FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE
Doyen **Pr GIUMELLI Bernard** Assesseurs Dr RENAUDIN Stéphane Pr SOUEIDAN Assem Pr WEISS Pierre

PROFESSEURS DES UNIVERSITES PRATICIENS HOSPITALIERS DES C.S.E.R.D.	
Mme ALLIOT-LICHT Brigitte	M. LESCLOUS Philippe
M. AMOURIQ Yves	Mme LOPEZ-CAZAUX Serena
M. BADRAN Zahi	Mme PEREZ Fabienne
M. GIUMELLI Bernard	M. SOUEIDAN Assem
M. LABOUX Olivier	M. WEISS Pierre
M. LE GUEHENNEC Laurent	
PROFESSEURS DES UNIVERSITES	
M. BOULER Jean-Michel	
MAITRE DE CONFERENCES DES UNIVERSITES	
Mme VINATIER Claire	
PROFESSEURS EMERITES	
M. JEAN Alain	
ENSEIGNANTS ASSOCIES	
M. GUIHARD Pierre (Professeur Associé)	Mme LOLAH Aoula (Assistant Associé)
MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES PRATICIENS HOSPITALIERS DES C.S.E.R.D.	**ASSISTANTS HOSPITALIERS UNIVERSITAIRES DES C.S.E.R.D.**
M. AMADOR DEL VALLE Gilles	M. ALLIOT Charles
Mme ARMENGOL Valérie	Mme ARRONDEAU Mathilde
Mme BLERY Pauline	Mme CLOUET Roselyne
M. BODIC François	M. EVRARD Lucas
Mme CLOITRE Alexandra	M. GUIAS Charles
Mme DAJEAN-TRUTAUD Sylvie	M. GUILLEMIN Maxime
M. DENIS Frédéric	Mme HASCOET Emilie (en CM du 29/11/20 au 20/03/21)
Mme ENKEL Bénédicte	Mme HEMMING Cécile
M. GAUDIN Alexis	M. HIBON Charles
M. HOORNAERT Alain	M. KERIBIN Pierre
Mme HOUCHMAND-CUNY Madline	M. OUVRARD Pierre
Mme JORDANA Fabienne	Mme OYALLON Mathilde (à partir du 14/12/20)
M. LE BARS Pierre	M. REMAUD Matthieu
M. NIVET Marc-Henri	M. RETHORE Gildas
M. PRUD'HOMME Tony	M. SERISIER Samuel
Mme RENARD Emmanuelle	Mme TISSERAND Lise
M. RENAUDIN Stéphane	
Mme ROY Elisabeth	
M. STRUILLOU Xavier	
M. VERNER Christian	
PRATICIENS HOSPITALIERS	
Mme DUPAS Cécile	Mme HYON Isabelle
ATTACHÉS HOSPITALIERS	
M. ELHAGE Louis-Marie	Mme QUINSAT Victoire
M. GLOMET Jérémy	Mme RICHARD Catherine
Mme PAGBE NDOBO Pauline	M. SARKISSIAN Louis-Emmanuel
Mme PREVOT Diane	M. STRUBE Nicolas

Par délibération, en date du 6 décembre 1972, le Conseil de la Faculté de Chirurgie Dentaire a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'il n'entend leur donner aucune approbation, ni improbation

A Madame le Professeur Fabienne PÉREZ,

Professeur des Universités - Praticien Hospitalier des Centres de Soins d'Enseignement et de Recherche Dentaires
Docteur de l'Université de Toulouse 3
Habilitée à Diriger les Recherches
Chef du département d'Odontologie Conservatrice – Endodontie
Chef du Service d'Odontologie Conservatrice et Pédiatrique

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de cette thèse,

Pour la qualité et la rigueur de votre enseignement,

Trouvez ici l'assurance de mon profond respect et de ma gratitude.

A Madame le Docteur Bénédicte ENKEL,

Maître de Conférences des Universités - Praticien Hospitalier des Centres de Soins d'Enseignement et de Recherche Dentaires
Docteur de l'Université de Nantes
Ancien Interne des Hôpitaux de Nantes
Département d'Odontologie Conservatrice – Endodontie

Pour m'avoir fait l'honneur de diriger de cette thèse,

Pour votre implication et votre disponibilité tout au long de ce travail,

Pour les nombreux conseils que vous m'avez apportés,

Pour votre patience et votre gentillesse

Veuillez trouver ici l'expression de mon entière reconnaissance et mes sincères remerciements.

A Madame le Docteur Cécile DUPAS

Odontologiste des Hôpitaux
Ancien Assistant Hospitalier Universitaire des Centres de Soins d'Enseignement et de Recherche Dentaires
Praticien Hospitalier des Centres de Soins d'Enseignement et de Recherche Dentaires – Service Odontologie Conservatrice et Pédiatrique
Responsable UF Odontologie de l'Unité Sanitaire en Milieu Pénitentiaire – Service Missions Santé Publique

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de faire partie de mon jury de thèse,

Pour votre disponibilité auprès des étudiants, votre bienveillance, et la qualité de votre encadrement clinique

Veuillez trouver ici toute ma reconnaissance et mes plus sincères remerciements.

A Madame le Docteur Valérie ARMENGOL

Maître de Conférences des Universités - Praticien Hospitalier des Centres de Soins d'Enseignement et de Recherche Dentaires
Docteur de l'Université de Nantes
Département d'Odontologie Conservatrice - Endodontie

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de faire partie de mon jury de thèse,

Pour la qualité de votre enseignement,

Veuillez trouver ici toute ma reconnaissance et mes plus sincères remerciements.

Table des matières

I. Introduction 9

II. Qualités attendues d'une obturation endodontique 10

II. A. Capacité de scellement de l'endodonte 10
II. A. 1. Utiliser un matériau étanche 10
II. A. 2. Les ciments conventionnels 11
II. A. 2. 1 Les ciments à base de polymères résineux 11
II. A. 2. 2. Les ciments à base d'oxyde de zinc-eugénol 12

II. B. Favoriser la santé péri-apicale 13
II. B. 1. Les biocéramiques, définition 13
II. B. 2. Propriétés de ciments à base de silicate de calcium pur 14

II. C. En omnipratique 15

III. Les techniques d'obturation 16

III. A. L'obturation verticale à chaud 16
III. A. 1. Principe : la technique de Schilder 16
III. A. 2. Évolutions 17
III. A. 2. 1. Réchauffeur électrique ou Système Touch'n Heat® 17
III. A. 2. 2. Compactage vertical en vague unique et System B® 17
III. A. 2. 3. Phase de montée et pistolets à gutta percha 18
III. A. 3. Protocole 19

III. B. Thermocompactage 20
III. B. 1. Principe du thermocompactage selon MacSpadden 20
III. B. 2 Évolutions 21
III. B. 2. 1. Le thermocompacteur unique en Nickel-Titane 21
III. B. 3. Protocole 21

III. C. Systèmes avec tuteurs 22
III. C. 1. Principe 22
III. C. 2. Évolutions 22
III. C. 3. Protocole 23

III. D. Monocône avec ciment à base de silicate de calcium 24
III. D. 1. Principe 24
IV. D. 2. Protocole 25

IV. Comparaison des techniques selon les critères de qualité 26

IV. A. Les critères d'évaluation 26
IV. A. 1. Densité de l'obturation 26
IV. A. 2. Pénétration du ciment dans les tubuli dentinaires 26
IV. A. 3. Scellement apical 26
IV. A. 4. Pronostic 27

IV. B. Densité de l'obturation et pénétration de ciment dans les tubuli dentinaires 28

IV. C. Scellement apical 36

IV. D. Pronostic 41

V. Conclusion 42

I. Introduction

La dentisterie moderne tend vers une efficience maximale. A l'heure où l'omnipraticien voudrait effectuer ses traitements endodontiques en un minimum de temps, il lui est aisé de se tourner vers les systèmes les plus rapides à mettre en œuvre. Les bonnes pratiques du traitement endodontique font consensus ; la mise en place d'un champ opératoire autour de la dent à traiter est une obligation et les recommandations portent également sur l'optimisation de l'accès et de la mise en forme canalaire pour éviter toute iatrogénie et favoriser la désinfection canalaire. Actuellement, les praticiens plébiscitent l'utilisation des instruments rotatifs en nickel-titane qui allient rapidité de mise en œuvre, respect des trajectoires canalaires et préparation conique qui permet une pénétration efficace de la solution d'irrigation. Mais qu'en est-il de l'obturation ? Le but de cette dernière est de pérenniser la décontamination effectuée lors du traitement en scellant le système canalaire de la façon la plus étanche possible.

L'obturation des canaux à l'aide de gutta percha chaude semblait depuis longtemps être une méthode de choix, mais l'arrivée récente sur le marché de ciments dits biocéramiques, utilisables avec une technique monocône, nous incite au questionnement.

L'objectif de ce travail est de faire un point sur les différentes techniques d'obturation canalaire disponibles et accessibles en omnipratique, et de comparer leur efficacité en s'appuyant sur la littérature.

II. Qualités attendues d'une obturation endodontique

II. A. Capacité de scellement de l'endodonte

II. A. 1. Utiliser un matériau étanche

L'obturation finalise la partie radiculaire du traitement endodontique. Pour une réhabilitation pérenne de la dent, elle doit être suivie par une reconstitution coronaire étanche afin de la protéger.
Après avoir préparé et désinfecté les canaux en éliminant le tissu pulpaire et en diminuant la charge bactérienne, l'objectif de l'obturation est d'étanchéifier ceux-ci afin d'empêcher une communication entre le péri-apex et la cavité buccale. (1)

Une obturation correctement réalisée permettra une cicatrisation du péri-apex ou évitera une infection de celui-ci, selon la pathologie pulpaire pour laquelle le traitement canalaire a été indiquée.(2)
Des méthodes permettant d'occuper tout le volume de l'endodonte préparé seront donc privilégiées pour priver de substrat les bactéries résiduelles dans les zones inaccessibles à la préparation et à l'irrigation canalaire.(3)

Selon la HAS, le matériau utilisé pour l'obturation endodontique doit « associer biocompatibilité, stabilité dimensionnelle et chimique, insolubilité dans les fluides tissulaires, radio-opacité et facilité de retrait ».(1)

Actuellement, tous les systèmes d'obturation utilisent la gutta percha comme matériau d'obturation, associée à un ciment de scellement permettant son adhérence aux parois dentinaires.

Utilisée en endodontie depuis 1867, le trans-polyisoprène 1-4, ou gutta percha, est un matériau thermoplastique qui possède plusieurs formes.
La forme α est la forme naturelle de la gutta percha. En lui faisant subir un traitement thermique afin d'additionner quelques composants comme l'oxyde de zinc, le sulfate de barium, des plastifiants et des colorants, la forme β est obtenue. Elle est utilisée dans la plupart des cônes endodontiques.

Formes cristallines
α *: fluide à basse température, phase plastique (propriétés adhésives)*
β *: viscosité élevée, solide*

Forme amorphe
γ *: forme désordonnée*

La forme β, rigide, est facilement insérée dans le canal, mais manque de fluidité et d'adhérence pour permettre d'étanchéifier le système canalaire. Elle devra donc être chauffée afin de modifier ses propriétés, ou être compactée.
La forme α, utilisée en capsule ou en seringue, est fluide à basse température et devient collante lors du chauffage, ce qui est intéressant pour rendre hermétique l'endodonte.

La gutta percha est insoluble dans l'eau ce qui est un avantage : ce matériau ne sera pas dissout dans le temps et permet donc un résultat pérenne. Sa solubilité dans l'eucalyptol, le chloroforme et l'essence de térébenthine en font un matériau permettant le retraitement endodontique.
En revanche, sa dilatation thermique élevée nécessite un maintien de la pression lors du refroidissement, afin d'éviter la création de zones de vide. De plus, sa faible conductivité thermique nécessite d'amener l'apport de chaleur profondément dans le canal pour assurer sa condensation au niveau de la partie apicale.(4)

Ainsi, la gutta percha satisfait tous les critères de la HAS concernant les propriétés d'un matériau d'obturation endodontique. Son chauffage permet de la placer et de la compacter de manière tridimensionnelle dans le canal, afin de priver les bactéries résiduelles de substrat et ainsi éviter la persistance ou création d'une infection péri-radiculaire. (2)

Cependant, la gutta percha n'adhère pas à la dentine de manière intrinsèque, ce qui empêche de réaliser une fermeture hermétique de l'espace endodontique : son utilisation doit donc être associée à un ciment de scellement canalaire.(4)

II. A. 2. Les ciments conventionnels

Ces ciments conventionnels jouent un rôle dans l'étanchéité de l'obturation en créant un joint entre la gutta percha et la dentine(1,5).

Différentes classes de ciments conventionnels existent : à base d'oxyde de zinc eugénol, de polymères résineux, de verre ionomère ou d'hydroxyde de calcium.

Dans ce travail nous détaillerons les résineux et ceux à base d'oxyde de zinc-eugénol, car ce sont les plus utilisés dans les études comparatives avec les nouveaux ciments mis sur le marché.

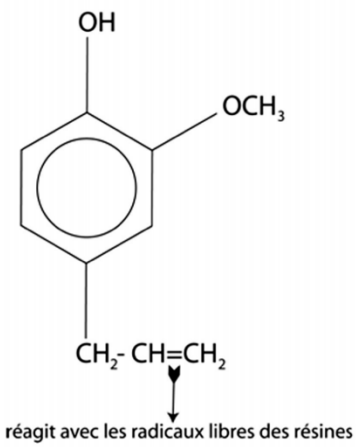
II. A. 2. 1 Les ciments à base de polymères résineux

Ce sont des ciments à base de résine époxy qui se présentent sous forme de mélange de deux pâtes : une base et un catalyseur.
Dérivés du ciment de Rickert's, ils contiennent du phénol et du formol.
Ils sont biocompatibles, adhèrent à la dentine, et résistent à la compression. (6)
Ils ne sont pas résorbables, ce qui leur permet d'augmenter l'étanchéité de l'obturation canalaire, mais pose un problème lors du retraitement endodontique.

AH26® et AH Plus® en sont des exemples très utilisés dans les études.

II. A. 2. 2. Les ciments à base d'oxyde de zinc-eugénol

Ils sont faits extemporanément par le praticien à l'aide d'une poudre d'oxyde de zinc et d'un liquide, l'eugénol.



C10H12O2
Hydroxy 4-méthoxy 3 -allyl 1-benzène ou Eugénol

Des adjuvants sont présents dans toutes les marques de ciment, à la fois dans la poudre et dans le liquide. Ils permettent de contrôler le temps de prise, d'ajouter une radio opacité, ainsi que de moduler la viscosité du ciment. (6)

La réaction de prise se fait en deux temps : tout d'abord, l'oxyde de zinc en présence d'eau se dissocie et forme de l'hydroxyde de zinc. Puis ce dernier réagit avec l'eugénol par chélation pour aboutir à la formation de chélate d'eugénolate de zinc et d'eau.
Les eugénolates de zinc se lient ensuite entre eux par liaisons faibles.

La cytotoxicité initiale de l'eugénol décroit avec le temps, ce qui rend ces ciments biocompatibles à moyen et long terme. Ils présentent une adhérence faible aux parois canalaires mais une liaison chimique s'établit entre l'oxyde de zinc de la gutta percha et l'eugénol des ciments, ce qui explique leur bonne stabilité dimensionnelle.
Leur solubilité dans l'acétone et l'eau permet le retraitement de la dent. De plus, ce type de ciment est résorbé lorsqu'il est au contact des tissus péri-apicaux. (7)

Le Sealite Regular® et le Pulp Canal Sealer® font partie de cette famille de ciments de scellement endodontique.

Les ciments de scellement conventionnels restent cependant sans effet direct sur la réponse de l'hôte, sans bioactivité. C'est pour initier la cicatrisation péri-apicale que l'utilisation des biociments ou ciments biocéramiques s'est développée.

II. B. Favoriser la santé péri-apicale

II. B. 1. Les biocéramiques, définition

Le terme biocéramique englobe une vaste quantité de matériaux, ayant été développé afin d'avoir un effet biologique. Ils sont utilisés dans plusieurs procédures endodontiques comme le coiffage pulpaire, l'obturation *a retro*, l'obturation de perforation radiculaire, et plus récemment, grâce à des formulations plus fluides, comme ciment d'obturation endodontique.

Le Mineral Trioxide Aggregate (ou MTA) est un dérivé du ciment de Portland additionné d'oxyde de bismuth. Il fût le premier de cette famille à être mis sur le marché en 1995.
Cependant, les produits à base de MTA posent un certain nombre de problèmes de toxicité, puisque des traces de métaux lourds comme le plomb, le chrome ou encore l'arsenic ont été trouvées dans le MTA gris et le MTA blanc. Or, ces produits s'utilisent au contact direct des tissus humains.
De l'aluminium fût notamment retrouvé dans le plasma, le foie et le cerveau des animaux sur lesquels furent utilisés plusieurs types de MTA.
L'oxyde de bismuth, l'agent opacifiant du MTA interfère avec la réaction d'hydratation du ciment, en remplaçant le silicium dans la forme hydratée par du silicate de calcium.
Ces problèmes ont conduit à la production d'une deuxième génération de biocéramiques qui s'affranchirait de l'utilisation du ciment de Portland en le remplaçant par du silicate tricalcique pur.(8)

Nom commercial	Fabricant	Présentation	Composition
BioRoot™ RCS	Septodont	Poudre/liquide	**Poudre** : Silicate tricalcique, Providone, Oxyde de zirconium **Liquide** : Polycarboxylate, Chlorure de calcium
TotalFill® BC Sealer™	FKG	Seringue prémixée	Silicate tricalcique, Phosphate de calcium, Oxyde de tantale, Oxyde de zirconium, Agents épaississants
iRoot® SP	Innovative bioCeramix	Seringue prémixée	Silicate tricalcique, Phosphate de calcium, Oxyde de tantale, Oxyde de zirconium, Agents épaississants
EndoSequence BC Sealer™	Brasseler	Seringue prémixée	Silicate tricalcique, Phosphate de calcium, Oxyde de tantale, Oxyde de zirconium, Agents épaississants

Différents ciments à base de silicate de calcium pur

Seuls le BioRoot™ RCS et le TotalFill® BC Sealer™ sont disponibles en France. C'est à eux qui nous nous intéresserons dans la suite de ce travail.

Il est important de noter que TotalFill® BC Sealer™, iRoot® SP et EndoSequence BC Sealer™ ont la même composition et que les résultats des études portant sur un de ces matériaux seraient transposables aux autres. (9)

II. B. 2. Propriétés de ciments à base de silicate de calcium pur

II. B. 2. 1. Réaction de prise

La réaction de prise des ciments à base de silicate de calcium est une hydratation, qui se produit lorsque le ciment est inséré dans le canal et mis en contact avec l'humidité présente dans les tubuli dentinaires.
Il en résulte une phase de silicate de calcium hydraté qui se transforme en gel de silicate de calcium et d'hydroxyde de calcium.

$$2[3CaO{\cdot}SiO_2]+6H_2O \rightarrow 3CaO{\cdot}2SiO^{2}{\cdot}3H_2O+3Ca(OH)_2 \text{ (A) } 2[2CaO{\cdot}SiO_2]+4H_2O \rightarrow 3CaO{\cdot}2SiO_2{\cdot}3H_2O+Ca(OH)_2$$

Réaction d'hydratation du silicate de calcium

Cet hydroxyde de calcium en réagissant avec les ions phosphates précipite en hydroxyapatite et en eau, qui vient fournir le réactif nécessaire pour une nouvelle hydratation du silicate de calcium.(10,11)

C'est donc un matériau utilisable en milieu humide, stable dans le temps grâce à la formation de cristaux d'hydroxyapatite lors de sa réaction de prise au contact de fluides organiques.

$$7Ca(OH)_2+3Ca(H_2PO_4) \rightarrow Ca10(PO_4)6(OH)_2+12H_2O$$

Réaction de précipitation du phosphate de calcium apatitique

La légère expansion de prise de ces matériaux et leur hydrophilie permet un scellement efficace de l'endodonte, grâce notamment à une très bonne pénétration des tubuli dentinaires (12)

II. B. 2. 2. Bioactivité

Un matériau bioactif qualifie, en biochimie, un matériau mis au point in vitro qui favorise le développement cellulaire.(13)

La bioactivité est l'argument principal des fabricants de ciments biocéramiques. Un matériau qui favoriserait la guérison péri-apicale en agissant sur les cellules humaines viendrai palier tout défaut de la gutta percha.

Or, il semblerait qu'au contact de l'os, lors d'un dépassement de ciment dans le péri-apex, ces biomatériaux aient un effet inhibiteur sur les odontoclastes responsables

de la résorption osseuse(14), ainsi qu'un potentiel ostéogénique via la différentiation ostéoblastique.(15,16)

Une diminution de la réponse inflammatoire a été également observée, via le relargage d'interleukine-10 notamment. (17)

Selon la revue systématique de Sanz et al. de 2019, la bioactivité est évaluée dans la plupart des études par l'expression de marqueurs de bioactivité, en utilisant une réaction de chaine de reverse transcriptase polymérase, RT-PCR.
Certains additifs au biomatériau semblent augmenter ou influer positivement sur sa bioactivité : l'oxyde de fer, l'or, le verre bioactif en nanoparticules en association avec du phosphate de calcium, mais ces études sont pour l'instant exclusivement in-vitro. Il faudra trouver le bon dosage pour l'utiliser en pratique clinique.
Toujours selon Sanz et al., les études manquent souvent de justification concernant la taille de l'échantillon, le processus de randomisation, et les limites de leur étude dans la partie discussion.(18)

II. B. 2. 3. Activité antimicrobienne

Un matériau qui aurait une activité antimicrobienne serait extrêmement intéressant puisqu'il agirait directement et localement sur les bactéries présentes au niveau de la zone péri-radiculaire.

Malheureusement, toujours selon la revue systématique de 2019, le manque d'homogénéité des 9 études conduites concernant l'activité antimicrobienne de TotalFill® BC Sealer™ ne permet pas de conclure à une efficacité comparative de ce dernier. L'utilisation de comparateurs différents, différentes méthodes de recherche et différentes espèces bactériennes empêchent toute conclusion.

Les 4 études concernant le BioRoot™ RCS utilisent *E. faecalis* avec différentes méthodes.
Seules deux études prouvent une supériorité du BioRoot™ RCS sur les autres ciments.
L'étude de Arias-Moliz et Camilleri (19) portant sur du biofilm jeune et des cellules planctoniques, avec différents irrigants finaux ; ainsi que celle d'Alsubait et al. (20) après 30 jours en contact avec du vieux biofilm.

II. C. En omnipratique

Le sujet de ce travail est de proposer des techniques d'obturation efficaces et utilisables dans un cabinet d'omnipratique, en s'appuyant sur la littérature actuelle.
Il fallait donc chercher des méthodes d'obturation faciles à mettre en œuvre, rapides et peu onéreuses, tout en respectant les recommandations de la HAS ainsi que les données acquises de la science.
Le choix s'est donc porté sur 4 techniques actuelles, le compactage vertical à chaud, le thermocompactage, les systèmes avec tuteurs et l'obturation monocône avec des ciments à base de silicate de calcium.

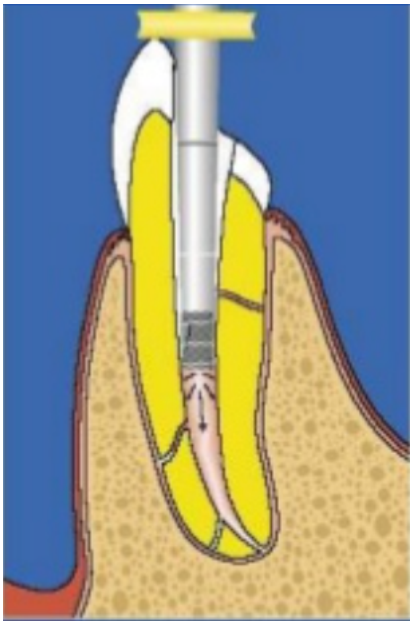
III. Les techniques d'obturation

III. A. L'obturation verticale à chaud

III. A. 1. Principe : la technique de Schilder

Aujourd'hui considéré comme le gold standard de l'obturation endodontique, le compactage vertical à chaud utilise la plasticité de la forme ß de la gutta percha lorsque celle-ci est soumise à une température supérieure à 80 ou 120° Celsius.
Cette technique fût décrite pour la première fois par Herbert Schilder en 1974.

Le cône de gutta doit être minutieusement sélectionné afin que son extrémité apicale soit plus large que la taille de la boite apicale créée lors de la préparation du canal. Le ciment utilisé avec cette technique d'obturation étant potentiellement résorbable, Schilder préconise d'en enduire les murs dentinaires sans excès afin de minimiser sa part dans le volume total de matériau d'obturation.
L'opérateur va ensuite apporter une source de chaleur afin de ramollir la gutta percha, à l'aide d'un instrument pointu appelé « spreader » ou « heat carrier » qui, après avoir été chauffé à l'aide d'une flamme, s'utilise verticalement dans le canal sur 3 ou 4 mm. Une fois la gutta percha réchauffée, l'utilisation de « pluggers » permet d'obtenir un bouchon apical de gutta. Le praticien doit répéter cette opération en alternant chaleur et condensation, généralement 3 à 5 fois, afin de faire progresser le bouchon apicalement dans le canal. Le but de cette première étape est donc d'obtenir une obturation tridimensionnelle du tiers apical de la dent.



Compaction verticale et obtention d'une obturation du tiers apical du canal

S'ensuit alors la phase dite de remontée, ou phase ascendante, lors de laquelle on cherchera à obturer le reste du canal avec des segments de gutta percha préalablement sélectionnés correspondant aux différentes sections du canal. Les instruments nécessaires pour cette deuxième phase sont les mêmes que ceux utilisés lors de la première. (3)

III. A. 2. Évolutions

III. A. 2. 1. Réchauffeur électrique ou Système Touch'n Heat®

Dans la technique de compaction verticale à chaud, l'instrument chauffé à la flamme refroidissant vite, il fût rapidement remplacé par un embout réchauffeur relié à un système électrique. Le protocole reste le même que celui décrit par Schilder, avec plusieurs phases de descente et de compactage afin de créer un bouchon apical.(21)

Système Touch'n Heat®(22)

III. A. 2. 2. Compactage vertical en vague unique et System B®

Une évolution majeure de la technique décrite précédemment fût de combiner le spreader et le plugger en un seul instrument, et de relier celui-ci à un système électrique.
C'est la collaboration de Stephen Buchanan et Carl J. Masreleiz qui aboutit à la création du System B®, un appareil électrique capable de chauffer un fouloir qui viendra à la fois ramollir la gutta percha lorsque la température est augmentée, puis la compacter lorsqu'il refroidit.
Le temps passé à l'obturation est donc significativement réduit puisque pour la phase de descente, lorsque la technique de Schilder nécessitait 3 à 5 étapes, celle de Buchanan n'en nécessite que 2. (23) C'est une obturation dite centrée puisque le fouloir est au centre du canal et permet à la gutta percha chaude de fuser dans toutes les directions autour du fouloir.

Système B de Sybronendo (25)

Fouloirs chauffants de Sybronendo (24)

III. A. 2. 3. Phase de montée et pistolets à gutta percha

Après la création du bouchon apical, la phase dite de « remontée » telle que décrite par Schilder s'avère longue et fastidieuse. Afin de pallier ce problème, furent créés des pistolets à gutta percha sous forme α , des appareils électriques chauffants dotés d'aiguilles fines et chauffantes prévues pour être insérées dans le canal. Une fois l'aiguille placée au contact du bouchon apical de gutta percha pendant quelques secondes, on injecte lentement de la gutta percha chaude, en plusieurs vagues successives et en compactant la gutta percha entre chaque injection. (21)

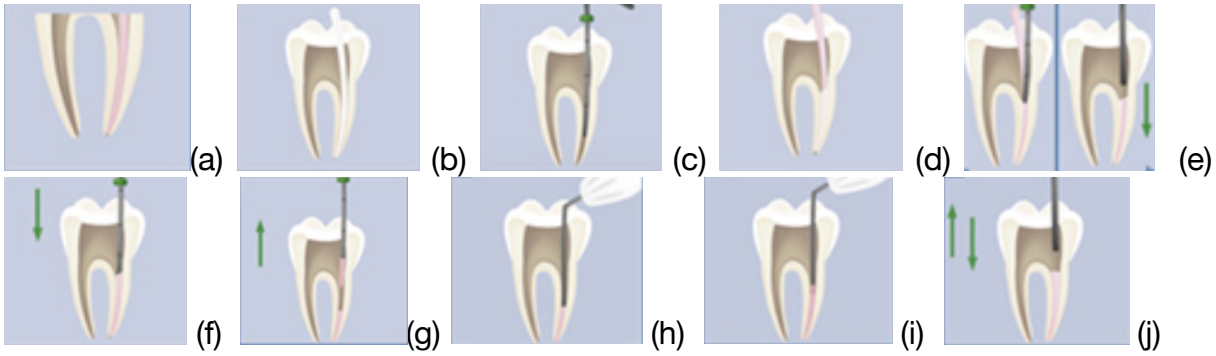
Obtura III de Spartan Endodontics (26)

III. A. 3. Protocole

L'obturation présentée ici est l'association de plusieurs techniques d'obturation à chaud : une obturation par compactage verticale à chaud associée à une injection de gutta chaude. Elle peut être obtenue grâce à un appareil électrique double qui présente, à la fois, un système de plugger chauffant afin de ramollir et de compacter le cône de gutta dans la portion apicale du canal, et une aiguille pour l'injection de gutta chaude fluide dans la portion coronaire du canal.(21)
Cette technique peut aussi être réalisée en utilisant deux systèmes pour les deux phases de l'obturation.

Calamus Dual de Dentsply (27)

Après avoir séché le canal à l'aide de pointes papier, le praticien l'enduit de ciment canalaire, puis positionne un cône de gutta percha dans le canal à la longueur de travail (LT) moins 0,5mm. Le fouloir chauffant, sélectionné au préalable pour pouvoir descendre à 5 mm de la LT sans forcer, va être amené à une température de 200°C, pour couper le cône de gutta à l'entrée canalaire.
S'en suit une phase de descente de 4 à 5 mm. La gutta percha ainsi chauffée va pouvoir occuper l'espace canalaire de manière tridimensionnelle. La pression est maintenue pendant 5 secondes alors que le fouloir refroidit. Puis une deuxième phase de descente est amorcée, selon le même principe que la première, sur 4 ou 5 mm avec le fouloir chaud, suivie d'une pause de 5 secondes avec le fouloir froid. Après une troisième phase de descente, le fouloir est maintenu en place, froid et en pression, 10 secondes, le temps que la gutta percha refroidisse. Le fouloir est ensuite chauffé de nouveau afin de se décoller de la gutta percha pour pouvoir sortir du canal.(21)
La partie apicale de l'endodonte étant obturée, on utilise un système d'injection de gutta percha chaude pour remplir la portion coronaire du canal.
Il est conseillé d'effectuer le remplissage du canal en plusieurs étapes, en foulant la gutta percha entre chaque apport.(21)



Protocole opératoire de la technique d'obturation verticale à chaud (28)

(a) Essayage du maître cône
(b) Séchage du canal
(c) Sélection du fouloir chauffant
(d) Mise en place du ciment de scellement et du maître cône
(e) Découpe du maître cône à l'entrée du canal et première phase de descente
(f) Deuxième et troisième phase de descente
(g) Sortie du fouloir chauffant du canal
(h) Mise en place de l'aiguille au contact de la gutta percha
(i) Injection de gutta percha
(j) Compaction de la gutta à l'aide d'un fouloir manuel

III. B. Thermocompactage

III. B. 1. Principe du thermocompactage selon MacSpadden

L'invention de cette technique en 1978 par MacSpadden permet de fluidifier la gutta percha afin avoir une obturation tridimensionnelle, selon le même principe que l'obturation verticale à chaud, en utilisant la thermoplasticité de la gutta percha. La différence réside dans le moyen employé afin de chauffer la gutta percha, puisque MacSpadden utilise un instrument mis en rotation dans le canal : le gutta condensor®. La chaleur est créée par les frottements de ce dernier contre la gutta percha, ce qui permet sa fluidification. (29)

Le gutta condensor® est une lime H inversée en acier inoxydable utilisée en rotation continue, dont le diamètre correspondra à celui du dernier instrument utilisé, et dont la conicité est de 2%.
Après ajustage du maître cône de gutta percha, l'instrument est amené dans le canal le long du cône de gutta percha, de façon à coincer ce dernier sur quelques millimètres. L'instrument est ensuite mis en rotation à 10 000 tours/minute afin de provoquer un échauffement par friction de la gutta percha, puis enfoncé jusqu'à la LT moins 1,5 millimètres, maintenu en place 4 à 10 secondes, puis retiré de façon délicate en brossant une paroi canalaire, toujours en rotation.(30)

Protocole opératoire du thermocompactage selon Mac Spadden (31)

1. Mise en place du maître cône et insertion du thermocompacteur à l'arrêt
2. Mise en rotation et phase de descente jusqu'à LT-1,5
3. Retrait du thermocompacteur toujours en rotation

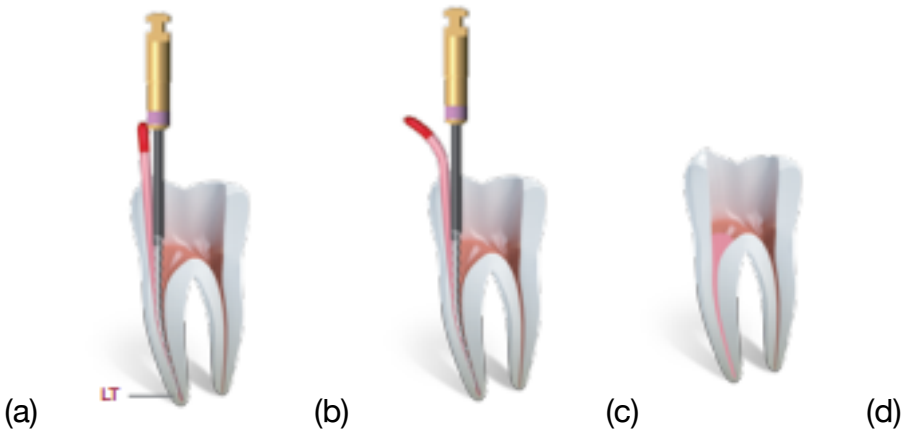
III. B. 2 Évolutions

III. B. 2. 1. Le thermocompacteur unique en Nickel-Titane

Un défaut mis en avant par les utilisateurs du thermocompacteur de Mac Spadden est le bris instrumental rencontré au cours de l'obturation. Une réponse apportée par des sociétés dentaires fut le remplacement de l'acier par du Nickel-Titane, théoriquement moins susceptible à la fracture.
L'idée de simplification du protocole est toujours présente puisque le praticien n'a plus à choisir l'instrument d'obturation en fonction du dernier instrument de préparation canalaire utilisé. Le Revo Condensor® de la société MicroMega n'existe qu'en 25/100ème pour une conicité de 4%. (32)

III. B. 3. Protocole

Après sélection du maître cône selon le dernier instrument de préparation canalaire utilisé, le canal est enduit de ciment de scellement endodontique et le maitre cône placé dans le canal à la longueur de travail.
Le thermocompacteur est inséré dans le canal à l'arrêt jusqu'à être coincé entre la paroi dentinaire et le cône de gutta percha. L'instrument est alors mis en rotation entre 10 000 et 15 000 tours/minute et maintenu en place jusqu'à plastification de la gutta percha, puis retiré lentement, en appui pariétal, avec de légers mouvements verticaux de va et vient.
Les excès de gutta percha dans la chambre pulpaire sont retirés puis, un fouloir à condensation verticale est utilisé pour condenser la gutta percha dans la partie coronaire du canal. (26)



(a) (b) (c) (d)

Protocole d'obturation thermomécanique avec Le Revo Condensor®
(a) Ajustage du maître cône dans le canal
(b) Insertion du thermocompacteur à l'arrêt
(c) Mise en rotation du thermocompacteur
(d) Canal obturé

III. C. Systèmes avec tuteurs

III. C. 1. Principe

En 1978, Ben Johnson commercialise le Thermafil, un nouveau système d'obturation. Un tuteur métallique avec un manche est enduit de gutta percha en phase alpha. La gutta est ramollie par chauffage dans un four Thermaprep®, et introduite grâce à ce tuteur dans le canal jusqu'à la longueur de travail. (33,34)

Le ciment est inséré à l'entrée canalaire et étalé sur les parois canalaires jusqu'à la boite apicale lors de la progression de la gutta percha dans le canal. Un effet de piston est rapporté, et la gutta fluide précède le tuteur pour venir obturer le canal. De plus, la pression latérale du cône métallique permet l'obturation de canaux accessoires.(35,36)

III. C. 2. Évolutions

Les tuteurs en nickel-titane présentaient l'inconvénient de gêner l'aménagement radiculaire lors de reconstitutions coronoradiculaires, ainsi que la reprise de traitement canalaire. Ils ont ensuite été abandonnés au profit des tuteurs en plastique. D'autres systèmes de tuteurs plastiques, toujours entourés de gutta percha en phase α ont été mis sur le marché :

- Le système Soft-Core® de Kerr
- Le système HeroFill® de MicroMega

Enfin, le GuttaCore® de Dentsply Sirona remplaça le tuteur en plastique par de la gutta en phase bêta, afin qu'une liaison chimique existe entre le tuteur et la gutta chaude.(37)
Le système GuttaFusion® de VDW est un autre exemple de ces nouveaux systèmes avec tuteur en gutta percha.

III. C. 3. Protocole

Le protocole retenu sera celui du GuttaCore®, dernière innovation majeure dans le domaine. Il est à noter que ce dernier est sensiblement comparable à tous les autres. Tous les systèmes sont composés de jauges de vérification en résine ou en plastique, des obturateurs et de l'appareil de chauffage (aussi appelé four).

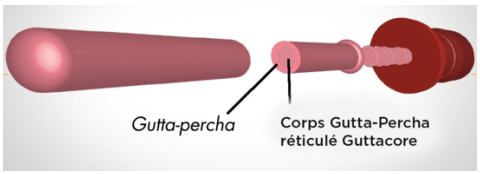
La confirmation de la mise en forme se fait avec des jauges de vérification en nickel-titane, correspondant à la dernière lime de mise en forme utilisée. Ces jauges doivent atteindre la longueur de travail de manière passive.

Il conviendra ensuite de choisir un obturateur GuttaCore® de même taille que la jauge. Ces obturateurs existent en conicité 4% et 6%, pour des diamètres apicaux allant de 20/100eme à 90/100eme.
Pour une conicité de 4%, le fabricant recommande l'utilisation d'un tuteur d'un diamètre immédiatement inférieur à celui de la dernière lime utilisée.
Pour une conicité de 6%, le diamètre sera identique à celui de la dernière lime utilisée.

Le ciment de scellement canalaire doit être placé sur les parois des canaux en couche fine grâce à une pointe papier.

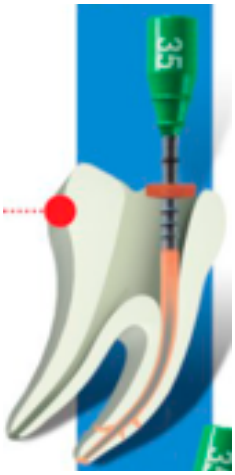
La butée en silicone sur le tuteur permettra un ajustage de la longueur de travail, puis l'obturateur est placé sur le support du four. La sélection du programme se fera selon le type d'obturateur choisi, le temps de chauffage dépendant de la taille de l'obturateur. Le support est ensuite poussé vers le bas afin d'initier le chauffage.

Thermaprep 2®(38)



GuttaCore®(39)

Une fois l'obturateur prêt, il doit être inséré sans tarder dans le canal en prenant soin d'éviter tout contact avec les parois de la cavité d'accès.



Le manche peut ensuite être retiré en le pliant ou sectionné avec une fraise sur contre-angle. (35,38,40)

III. D. Monocône avec ciment à base de silicate de calcium

III. D. 1. Principe

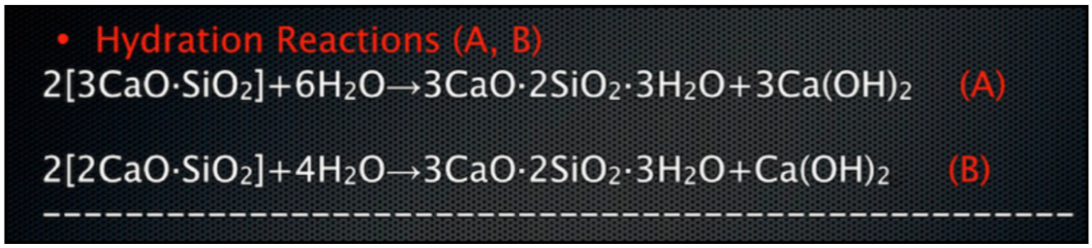
La technique monocône utilisant des ciments traditionnels ne remplit pas les critères d'une technique d'obturation correcte, puisque la gutta percha n'occupe pas suffisamment le volume de l'endodonte, laissant une couche trop épaisse de ciment. (37,41,42)

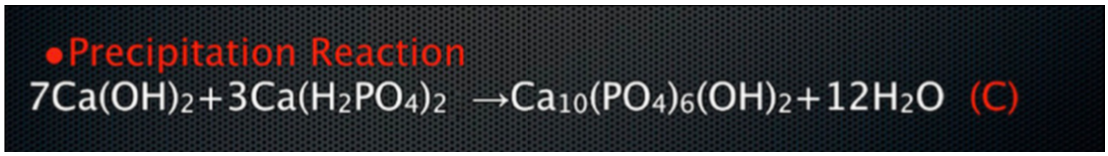
L'utilisation de ciments endodontiques solubles dans les liquides biologiques aboutit à des résultats non satisfaisants s'ils sont utilisés en excès.

La technique monocône avec des biocéramiques s'affranchit du réchauffement de la gutta percha, puisque ce n'est plus celle-ci qui devra s'adapter à l'anatomie canalaire. Cette technique utilise les propriétés de non-solvabilité des ciments à base de silicate de calcium et la formation d'un précipité phosphocalcique pour obtenir une étanchéité après obturation ; les biocéramiques agissent comme un matériau d'obturation et non plus seulement comme un ciment. (10)

On notera tout de même que, plus le cône de gutta percha utilisé pour l'obturation correspond à la mise en forme canalaire, plus le placement et la condensation hydraulique des biocéramiques seront aisés et rapides.

Le silicate de calcium est le principe actif de ces matériaux, et quand ce dernier rentre en contact avec de l'eau, il se produit une réaction d'hydratation suivie d'une précipitation. (10)

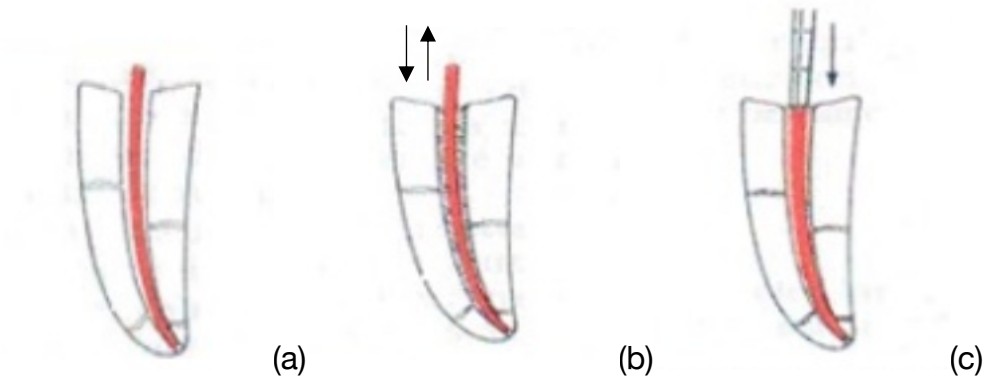




Ces réactions aboutissent à la formation d'hydroxyapatite, principale composante de l'émail, la dentine et l'os, ce qui explique l'importante biocompatibilité des ciments à base de silicate de calcium.

IV. D. 2. Protocole

Deux produits existent en France pour réaliser ce type d'obturation :
- Le TotalFill® de la société FKG, qui est commercialisé sous forme de seringue prête à l'emploi,
- le BioRoot™ RCS de la société Septodont, qui se présente sous la forme de poudre et de liquide mélangés extemporanément. Le mélange est réalisé pendant 1 minute sur un bloc jusqu'à obtention d'une consistance crémeuse.
Après avoir vérifié l'adaptation du cône de gutta percha, et afin d'avoir le moins de vide possible dans le canal, il est conseillé de placer le ciment endodontique avant le cône, à l'aide de l'embout fourni avec la seringue pour le TotalFill®, ou avec un lentulo utilisé à basse vitesse (800 rotations par minute) pour le BioRoot™ RCS.
Le cône de gutta percha est ensuite enduit de ciment et inséré progressivement avec des petits aller-retours verticaux afin de parfaire la condensation hydraulique du ciment et son adaptation aux parois canalaires. L'opération peut être répétée plusieurs fois si nécessaire, en fonction de l'anatomie du canal. Le cône est sectionné puis condensé manuellement à l'aide d'un fouloir. (21)



(a) (b) (c)

<u>Protocole d'obturation technique monocône avec ciment à base de silicate de calcium (43)</u>

(a) Essayage du maître cône
(b) Enduction du cône de gutta percha de ciment puis mouvements de va et vient verticaux
(c) Section du cône et condensation verticale manuelle

IV. Comparaison des techniques selon les critères de qualité

IV. A. Les critères d'évaluation

IV. A. 1. Densité de l'obturation

L'adaptation du produit d'obturation au réseau endodontique est cruciale pour la pérennité du traitement, puisque des zones de vides peuvent colonisées par des micro-organismes.(44,45)
Dans les différentes études publiées, la densité de l'obturation est testée par microscopie confocale à balayage laser (MCBL) ou par micro-CT scan. Cette densité d'obturation est observée à différentes portions du canal. La zone d'intérêt se situe généralement au niveau apical puisque c'est cette zone qui présente le plus tubuli dentinaires ; leur obturation, ainsi que le scellement tridimensionnel du canal jusqu'à la jonction cémento-dentinaire sont cruciaux pour l'étanchéité d'une obturation.
A l'aide d'un logiciel, les images obtenues sont analysées afin de mesurer les espaces occupées par la gutta percha, le ciment, et le vide, sous forme de pourcentage.(46,47)

IV. A. 2. Pénétration du ciment dans les tubuli dentinaires

Plus la pénétration du ciment dans les tubuli dentinaires augmente et plus l'interface entre le ciment et la dentine est grande, ce qui augmente la capacité de scellement et la rétention du matériau. De plus, les bactéries résiduelles dans les tubuli dentinaires seront plus efficacement enfermées, et l'effet anti-microbien des ciments est augmenté.(48,49,50)
La microscopie confocale à balayage laser et la microscopie électronique à balayage sont deux méthodes utilisées.

IV. A. 3. Scellement apical

En 1994, l'American Association of Endodontists définit la perte d'étanchéité, la percolation, ou fuite endodontique. C'est « le mouvement de fluides tissulaires péri-radiculaires, de microorganismes et de leurs toxines le long de l'interface entre les parois dentinaires et les matériaux d'obturation canalaire ».
La garantie d'un succès endodontique passe par l'obturation des canaux accessoires et latéraux, afin de fermer l'accès de l'endodonte aux microorganismes.(51)(52)

Les tests par pénétration de colorants ou de radio-isotopes sont les plus anciennement utilisés, mais posent un problème de fiabilité et de reproductibilité.(53,54)

Les tests de pénétration bactérienne sont considérés comme plus fiables. (55)(53)
La bactérie utilisée est souvent l'*Enterococcus faecalis* puisqu'elle est largement retrouvée dans les parodontites apicales.(56,57)
D'autres sont également utilisées, comme le *Proteus vulgaris*, le *Staphylococcus epidermidis*, ou le *Streptococcus mutans*.(58,59)

Plus sensibles, les tests de pénétration des fluides sous pression sont également précis, reproductibles et non destructeurs, et sont exempts de biais d'opérateur.(60,61)
Il s'agit d'appliquer une pression d'eau sur la partie coronaire de la dent obturée, la partie apicale étant reliée à un capillaire dans lequel une bulle d'air est visible. La pression traversant la dent est retransmise au capillaire et la bulle se déplace.(62)
Cependant, un manque de corrélation a été mis en évidence entre la pénétration bactérienne et la filtration des fluides.(63)

Le test de pénétration du glucose décrit par Xu en 2005 (64) permet une quantification par spectrophotométrie des défauts d'étanchéité. Ce test reproductible serait plus sensible que la méthode de filtration des fluides.(65,66)
Néanmoins, il a été montré que le glucose réagissait directement avec des ciments contenant de l'hydroxyde de calcium, faussant les résultats des tests.(66)

L'existence de plusieurs tests pour évaluer ce scellement apical pose problème : une méthodologie claire et une standardisation des tests semblent nécessaires pour comparer correctement les systèmes d'obturation entre eux.(67)(68)

IV. A. 4. Pronostic

Le pronostic (gr. pro, avant ; gnôskein, connaître) se définit comme
« l'acte par lequel le médecin prévoit l'issue probable de la maladie et les différentes péripéties possibles ».

Selon l'European Society of Endodontology, le but recherché par la thérapeutique endodontique est l'absence de formation ou la guérison d'une pathologie apicale.(69)
Cependant, une dent fonctionnelle et non pathologique pour le patient peut également être considérée comme un succès thérapeutique.(70)

Ces critères de succès furent utilisés pour l'étude prospective Toronto Study, menée sur plusieurs années, afin de définir les facteurs prédictifs d'échec en endodontie.(71,72,73,74)
La présence de parodontite apicale initiale fût identifiée comme l'un de ces facteurs.
La technique d'obturation utilisée, ainsi que les complications per-opératoires semblent également jouer un rôle dans le taux de succès des thérapeutiques. Cette étude conclue que pour l'affirmer, il est nécessaire d'effectuer des études randomisées.

Pourtant en 2007, la revue systématique de la littérature de Ng et al. explique que pour les traitements initiaux, l'influence de l'état pulpaire et péri-apical préopératoire des dents sur le résultat du traitement a été le plus souvent explorée, mais que l'influence de la technique de traitement a été peu étudiée.(75)

Que ce soit pour le traitement initial ou le retraitement endodontique, la présence d'une lésion péri-apicale préopératoire, l'étendue apicale du remplissage radiculaire et la qualité de la restauration coronaire se sont avérées des facteurs pronostiques significatifs, alors que les effets de l'histoire du premier traitement et du protocole du retraitement ont été mal étudiés.(76,77)

Ce qui apparait comme prépondérant dans l'échec de la thérapeutique endodontique est la combinaison de facteurs qui vont favoriser la présence, la persistance ou l'apparition d'une contamination bactérienne de l'endodonte.
Ainsi, ces auteurs concluent que lors du traitement endodontique, l'opérateur doit atteindre et maintenir l'accès à l'anatomie apicale pendant le débridement chimio-mécanique, obturer le canal avec un matériau densément compacté jusqu'à l'extrémité apicale sans extrusion dans les tissus apicaux et empêcher la réinfection avec une restauration coronaire de qualité.(77)

Plus récemment, en 2016, Tabassum et Khan résument que les facteurs prédictifs d'échec en endodontie sont la persistance de bactéries, un traitement inadéquat ou présentant un dépassement de produits d'obturation, un défaut d'étanchéité coronaire, un canal non traité ou une fracture instrumentale seulement si une lésion péri-apicale est déjà présente.(78)

Ainsi, pour les dents ne présentant pas de pathologie apicale, la technique d'obturation ne sera pas un facteur prédictif de succès. Le résultat du traitement endodontique dépend de l'absence de contamination bactérienne de l'endodonte et du péri-apex.
En revanche, l'obturation endodontique pourra être le gage d'un pronostic favorable pour les dents avec une pathologie péri-apicale pré-opératoire, par son étendue et sa qualité.(79)
Elle est le signe d'une préparation et d'une désinfection endocanalaire réalisées dans les règles de l'art et pérennise leur action en empêchant la ré-infestation bactérienne par un scellement tridimensionnel de la portion apicale du canal.

IV. B. Densité de l'obturation et pénétration de ciment dans les tubuli dentinaires

Les différentes études évaluent la densité de l'obturation canalaire selon 3 critères :

- le pourcentage de zones remplies de gutta percha ou PGFA (Percentage of Guttapercha Filled Area)
- le pourcentage de zones remplies de ciment ou PSFA (Percentage of Sealer Filled Area)
- le pourcentage de vides ou PVA (Percentage of Void Area)

Les systèmes à tuteurs donnent les meilleurs résultats concernant le PGFA, le PSFA et le PVA dans la littérature. Ils permettent d'obtenir des obturations canalaires souvent supérieures en densité à celles obtenues avec tous les autres systèmes (80–87).
Les systèmes par vague de chaleur avec la technique de Schilder ou par vague centrée tels que le System B® donnent des résultats équivalents ou supérieurs à la condensation latérale à froid dans quasiment toutes les études (88–91).
Le thermocompactage est le système d'obturation le moins étudié : les deux études ne trouvent pas de différence significative de PGFA avec la condensation latérale à froid ou avec les systèmes à tuteur, ce qui laisse penser que les résultats de cette technique s'inscrivent entre ceux de ces deux systèmes (84,91).

Aucune différence significative n'est retrouvée entre les ciments à base de résine et les ciments à base de silicate de calcium concernant la pénétration des tubuli dentinaires dans le tiers apical, lorsqu'ils sont utilisés en technique monocône (92–95).
Une étude récente trouve cependant une meilleure adaptation marginale de l'Endosequence™ BC Sealer comparé à un ciment résineux (96).

Article		Méthode d'obturation				Type d'étude	Résultat
Auteur - Année	Titre	Condensation verticale à chaud	Thermocompactage	Tuteurs	Monocône + biocéramique		
Hirai et al. 2020 (88)	Percentage of Gutta-Percha-, Sealer-, and Void-Filled Areas in Oval-Shaped Root Canals Obturated with Different Filling Techniques: A Confocal Laser Scanning Microscopy Study	System B + MC F3 Dentsply vs System B MC iso 30/100e				Microscopie confocale à balayage laser PGFA, PSFA, PVA Ciment AHplus Incisives Étude comparative non randomisée, GRADE B	Pas de différence significative en PGFA, PSFA et PVA au niveau apical entre les groupes (CLF ou System B)
De-Deus et al. 2006 (80)	A laboratory analysis of gutta-percha-filled area obtained using Thermafil, System B and lateral condensation	System B		Thermafil		PGFA par microscopie électronique Étude in vitro comparative randomisée, GRADE A	Thermafil > system B > CLF - à 4 mm de l'apex, pas de différence significative entre system B et CLF - à 2 mm de l'apex, différence significative
Gençoğlu 2003 (81)	Comparison of 6 different gutta-percha techniques (part II): Thermafil, JS Quick-Fill, Soft Core, Microseal, System B, and lateral condensation	System B		SoftCore Thermafil		Stéréomicroscopie électronique Ratio gutta percha/ciment Utilisation de résultats d'une étude publiée en 2002 par l'auteur Ciment Kerr sealer utilisé Étude in vitro comparative randomisée de faible puissance, GRADE B	Meilleur ratio gutta percha /ciment pour les systèmes à tuteur, significativement supérieur à E&Q et CLF
Samadi et al. 2014 (82)	A Comparative Evaluation of Efficacy of Different Obturation Techniques used in Root Canal Treatment of Anterior Teeth: An in vitro Study	Condensation verticale à chaud		Thermafil		PGFA par Stéréomicroscopie électronique Étude in vitro comparative randomisée de forte puissance, GRADE A	Thermafil > CVC > CLF
Li et al. 2014 (83)	Quality of obturation achieved by an endodontic core-carrier system with crosslinked gutta-percha carrier in single-rooted canals	Calamus dual		GuttaCore		Microscopie électronique à balayage + microtomographie aux rayons X Pourcentage de vide et adaptation marginale Étude in vitro comparative randomisée de faible puissance, GRADE B	Plus grand pourcentage d'espaces et de vides dans la CLF qu'avec le GuttaCore Les espaces au niveau de l'interface entre l'obturation et la dentine dans la CLF sont plus grands que pour le GuttaCore Pourcentage de vide global supérieurs dans la CLF par rapport à la CVC et GuttaCore

Dumani et al. 2017 (89)	Evaluation of various filling techniques in distal canals of mandibular molars instrumented with different single-file nickel-titanium systems	System B + Obtura		Thermafil		PGFA, PSFA et PVA par stéréomicroscopie électronique Coupe en coronaire, au milieu et à l'apex Canaux ovales Étude in vitro comparative randomisée de faible puissance, GRADE B	System B + obtura a le plus grand PGFA et le plus petit PSFA Thermafil : plus de vide que system B
Zogheib et al. 2017 (90)	Quantitative volumetric analysis of cross-linked gutta-percha obturators	Condensation verticale à chaud		GuttaCore GuttaFusion		Microtomographie a rayons X Ciment AHplus Pourcentage et volume de vides Étude in vitro comparative randomisée de faible puissance, GRADE B	Aucune différence significative entre les 3 méthodes à 1, 3 et 5 mm de l'apex
Jarett et al. 2019 (97)	Percentage of canals filled in apical cross sections - an in vitro study of seven obturation techniques	Schilder System B		ThermaFil		Microscopie éléctronique Pulp Canal Sealer Comparaison PGFA condensation latérale, thermafil, simplifill standard et modifiée, condensation latérale mécanique, Schilder et System B Étude in vitro comparative randomisée de faible puissance, GRADE B	Pas de différence de PGFA entre 2 et 4mm pour chaque technique donc comparaison des techniques entre elles Pas de différence significative entre simplifill standard, condensation latérale mécanique, Schilder et thermafil ; simplifill standard et thermafil > condensation latérale, system B et simplifill modifiée ; condensation latérale mécanique et Schilder > system B et simplifill modifiée ; condensation latérale et system B > simplifill modifiée
De-deus et al. 2008 (91)	Limited Ability of Three Commonly Used Thermoplasticized Gutta-Percha Techniques in Filling Oval-shaped Canals	Condensation verticale à chaud	Thermocompact-age Mc Spadden	Thermafil		PGFA par microscopie électronique Étude in vitro comparative randomisée de forte puissance, GRADE A	Thermafil, Thermocompactage et CVC (pas de différence significative entre les 3) > CLF
Fragachàn et al. 2018 (84)	Micro-computed tomography assessment of different obturation techniques for filling lateral canals		Technique hybride de Tagger	GuttaCore		Microtomographie a rayons X PGFA + profondeur d'obturation de canaux latéraux artificiels à 3 niveaux : apical, milieu et coronaire Étude in vitro comparative randomisée de faible puissance, GRADE B	Pas de différence significative au milieu et en coronaire **CANAUX LATERAUX** : au milieu : Guttacore > Tagger ; Guttacore > CLF et pas de différence entre Tagger et CLF Section apicale : pas de différence significative Tiers coronaire : pas de différence significative entre Guttacore et Tagger

							ni Tagger et CLF mais Guttacore > significativement à CLF **PGFA :** GuttaCore > Tagger, pas de différence significative entre GuttaCore et CLF ou entre Tagger et CLF
Schäfer et al. 2016 (85)	Percentage of Gutta-percha Filled Areas in Canals Obturated with Cross-linked Gutta-percha Core-carrier Systems, Single-Cone and Lateral Compaction Technique			GuttaFusion GuttaCore		PGAF, PSFA et PVA sections à 2, 4, 6 et 8 mm de l'apex Ciment de scellement AHplus Étude comparative non randomisée, GRADE B	A 2 mm de l'apex pas de différence significative de PGFA et PSFA entre les techniques (monocône, CLF, Guttacore et Guttafusion) A tous les autres niveaux GuttaCore et Guttafusion ont un PGFA supérieur et un PSFA inférieur à tous les autres groupes A 8 mm de l'apex, le monocône produit le plus petit PGFA et le plus grand PSFA Pour les données combinées à tous les niveaux, GuttaCore et GuttaFusion montrent significativement plus de spécimens sans vide A 2 et 4 mm de l'apex, tous les canaux obturés par GuttaCore et GuttaFusion étaient exempts de vide
Yilmaz et Karagoz-Kucukay 2017 (86)	In vitro comparison of gutta-percha-filled area percentages in root canals instrumented and obturated with different techniques			Thermafil Herofil Protaper obturator		PGFA par Stéréomicroscopie électronique Étude in vitro comparative randomisée de forte puissance, GRADE A	3 systèmes de tuteurs > CLF et monocône
Castagnola et al. 2018 (98)	Micro-CT evaluation of two different root canal filling techniques			GuttaCore		Microtomographie a rayons X Volumes et fréquence des vides internes, externes et combinés Étude in vitro comparative randomisée de forte puissance, GRADE A	Monocône a un volume moins important de vides internes dans la partie apicale GuttaCore a un volume moins important de vides internes au tiers médian Monocône a la plus grande valeur de vide combinés dans la partie coronaire GuttaCore a un nombre total inférieur de vides dans la partie coronaire

Mancino et al. 2019 (99)	Microscopic and Chemical Assessments of the Filling Ability in Oval-Shaped Root Canals Using Two Different Carrier-Based Filling Techniques			Thermafil GuttaCore		PGFA, PSFA et PVA a 2 et 5 mm de l'apex par MEB et Microscopie Optique Ciment de scellement AHplus Canaux ovales Étude in vitro comparative randomisée de faible puissance, GRADE B	A 5 et 2 mm de l'apex pas de différence significative pour le PGFA, PVA et PSFA Présence de gutta dans les tubuli dentaires pour les 2 groupes
Viapiana et al. 2016 (100)	Porosity and sealing ability of root fillings with gutta-percha and BioRoot RCS or AH Plus sealers. Evaluation by three ex vivo methods				BioRoot RCS (utilisé en CLF)	Microscopie confocale à balayage laser Comparaison avec AH Plus en condensation latérale des vides Étude comparative non randomisée, GRADE B	Significativement plus de vides pour le BioRoot RCS
Celikten et al. 2016 (92)	Evaluation of root canal sealer filling quality using a single-cone technique in oval shaped canals: An In vitro Micro-CT study				Endosequence BC sealer	Microtomographie aux rayons X PGFA PVA Étude in vitro comparative randomisée de faible puissance, GRADE B	Le monocône avec AHplus n'a pas de différence significative en % de matériau d'obturation/de vide
Polineni et al. 2016 (93)	Marginal adaptation of newer root canal sealers to dentin: A SEM study				Endosequence BC Sealer MTA Fillapex	Microscopie électronique à balayage Comparaison en monocône avec MM Seal(ciment à base de résine) de l'adaptation marginale Étude in vitro comparative randomisée de faible puissance, GRADE B	Pas de différence significative entre MM Seal et Endosequence BC > MTA Fillapex
Arikatla et al. 2018 (101)	Interfacial adaptation and penetration depth of bioceramic endodontic sealers				BioRoot RCS (utilisé en CLF) MTA Plus	Microscopie confocale à balayage laser Comparaison avec AH Plus et MTA Plus Pénétration des tubuli et adaptation marginale Étude in vitro comparative randomisée de forte puissance, GRADE A	Pénétration dans les tubuli dentinaires : AHplus > BioRoot et MTA Plus Interface entre la dentine et le ciment : moins bonne adaptation du BioRoot et MTA Plus comparé au AHplus
Germain et al. 2018 (94)	Impact of the Root Canal Taper on the Apical Adaptability of Sealers used in a Single-cone Technique: A Micro-computed Tomography Study				TotalFill BC sealer	Microtomographie aux rayons X Étudie l'utilisation de différents maitres cônes dans l'adaptation du ciment Étude in vitro comparative randomisée de faible puissance, GRADE B	Pour des cônes de 4% et 6% pas de différence significative entre AHplus et TotalFill pour le % de volume de vide dans le tiers apical.

Huang et al. 2018 (95)	Evaluation of the sealing ability of different root canal sealers: a combined SEM and micro-CT study				Endosequence BC Sealer	Microscopie électronique à balayage et Microtomographie aux rayons X Pénétration des tubuli comparaison avec AH Plus Étude in vitro comparative randomisée de faible puissance, GRADE B	Pas de différence significative entre les deux ciments concernant les tubuli obturés en technique monocône
Wang et al. 2018 (12)	In vitro study of dentinal tubule penetration and filling quality of bioceramic sealer				iRoot SP	Microscopie confocale à balayage laser Comparaison iRoot vs AHplus en technique monocône et CVC Zones de vide, adaptation marginale, pénétration des tubuli Étude in vitro comparative randomisée de faible puissance, GRADE B	Pas de différence significative dans le % de zones de vide à 2, 4 et 6 mm de l'apex Pour iRoot avec condensation verticale à chaud plus de vide à 6 mm qu'à 2 mm de l'apex Pour l'adaptation aux parois pas de différence significative entre les % d'espace entre les parois dentinaires et l'obturation Pénétration dans les tubules dentinaires : plus de segments pénétrés à 2 mm de l'apex dans le groupe avec iRoot (en monocône ou en CVC) ; à 4 et 6 mm de l'apex pas de différence entre les 4 groupes
ElAsfouri et Saba 2019 (102)	Comparative Evaluation of the Adaptation of Two Calcium Silicate-Based Endodontic Sealers with a Conventional Resin-Based Sealer to Dentinal Walls: An In vitro Scanning Electron Microscopic Study				BioRoot RCS Endoseal MTA (utilisés en CLF)	Microscopie électronique à balayage Comparaison en condensation latérale avec AH Plus de l'adaptation marginale Étude in vitro comparative randomisée de faible puissance, GRADE B	Pas de différence significative entre BioRoot RCS et AH Plus en CLF
Patri et al. 2020 (96)	A Scanning Electron Microscope Analysis of Sealing Potential and Marginal Adaptation of Different Root Canal Sealers to Dentin: An In Vitro study				Endosequence BC Sealer ProRootMTA	Microscopie électronique à balayage Comparaison en monocône avec EndoREZ (ciment à base de résine) de l'adaptation marginale Étude in vitro comparative randomisée de forte puissance, GRADE A	Différence significative Endosequence BC Sealer > ProRoot MTA > EndoREZ

Mancino et al. 2020 (87)	Microscopic and chemical evaluation of the filling quality of five obturation techniques in oval-shaped root canals	Condensation verticale à chaud		GuttaCore Thermafil	BioRoot RCS	Microscopie électronique à balayage et Microscope optique Comparaison du PGFA, PSFA, PVA et pénétration des tubuli entre des techniques d'obturation à chaud avec ciment résineux (AH Plus) et monocône avec ciment résineux et BioRoot RCS Étude in vitro comparative randomisée de forte puissance, GRADE A	A 4mm de l'apex, pas de différence significative entre GuttaCore et Thermafil, significativement plus grand PGFA et petit PSFA que les autres groupes Pour PVA pas de différence significative entre Condensation verticale à chaud, Thermafil et GuttaCore, significativement moins de vides que les techniques monocônes A 2mm de l'apex, pas de différence significative entre GuttaCore et Thermafil qui donnent de meilleurs résultats de PGFA PSFA et PVA que les trois autres techniques Présence de gutta percha dans les tubuli uniquement pour GuttaCore et Thermafil, à 4 et 2mm de l'apex.

IV. C. Scellement apical

Concernant les obturations réalisées à l'aide de systèmes à tuteurs, les résultats des tests sont mitigés.
Les tests réalisés avec des colorants ou des radio-isotopes, les plus anciens, tendent à conclure à la supériorité de la condensation latérale à froid.(35,103)
Cependant, les tests de filtration des fluides ou pénétration de glucose, plus récents, montrent de meilleurs résultats pour les obturations avec des tuteurs, avec des résultats comparables aux obturations verticales à chaud.(61,104–107)

Par ailleurs, une autre étude conclue à une supériorité de la condensation latérale et de l'obturation monocône avec un ciment résineux sur des systèmes d'obturation verticale à chaud.(108)
Les méthodes de thermocompactage montrent globalement des résultats comparables à la condensation latérale à froid, même si des résultats contradictoires sont retrouvés à la fois pour la technique hybride de Tagger et le thermocompactage de McSpadden.(103,109–115)

Une seule étude compare une obturation faite avec un appareil d'obturation verticale à chaud et une obturation au monocône avec un ciment à base de silicate de calcium. La conclusion de cette étude qui utilise la méthode de filtration des fluides est que les deux systèmes montrent des résultats comparables.(116)

Un test de pénétration du glucose réalisé pour comparer la condensation latérale à froid avec un ciment à base de résine et une obturation monocône avec un ciment à base de silicate de calcium a mis en évidence de meilleurs résultats pour cette dernière.(117)

Article		Méthode d'obturation				Type d'étude	Résultat
Auteur - année	Titre	Condensation verticale à chaud	Thermocompactage	Tuteurs	Monocône + biocéramique		
Yilmaz et al. 2009 (108)	Sealing efficiency of BeeFill 2in1 and System B/Obtura II versus single-cone and cold lateral compaction techniques	BeeFIll 2in1, System B/Obtura 2				Filtration des fluides AH26 comme ciment sauf pour BeeFill (2seal ciment spécifique au système) Étude in vitro comparative randomisée de faible puissance, GRADE B	1 semaine : system b montre plus de fuite que BeeFill, monocône et condensation latérale. 2 semaines : condensation latérale et monocône ont de meilleurs résultats
Mahera et al. 2009 (60)	Fluid-transport evaluation of lateral condensation, ProTaper gutta-percha and warm vertical condensation obturation techniques	System B				FIltration des fluides Ciment Sultan (oxyde de zinc eugenol) Étude in vitro comparative randomisée de faible puissance, GRADE B	Aucune différence significative entre condensation latérale, monocône avec cône calibré au système de mise en forme (Protaper), et system B à 7j, 1 mois et 3 mois
Leonardo et al. 2009 (109)	Assessment of the apical seal of root canals using different filling techniques	E&Q Master	Technique hybride de Tagger			Pénétration de colorant à la rhodamine B AH plus comme ciment Étude in vitro comparative randomisée de faible puissance, GRADE B	Pas de différence significative entre E&Q et condensation latérale, technique hybride montre significativement plus de fuites
Libonati et al. 2018 (110)	Comparison of coronal leakage of different root canal filling techniques: an ex vivo study	System B	Microseal	Thermafil		Pénétration bactérienne avec *E. faecalis* Ciment Pulp canal sealer pour les trois techniques Étude in vitro comparative randomisée de faible puissance, GRADE B	System B et Microseal > Thermafil
Moor et Martens. 1999 (103)	Apical microleakage after lateral condensation, hybrid gutta-percha condensation and Soft-Core obturation: an in vitro evaluation		Technique hybride	Softcore		Coloration à l'encre de chine Ciment AH26 Étude in vitro comparative randomisée de forte puissance, GRADE A	Significativement plus de fuite pour softcore, pas de différence significative entre technique hybride et condensation latérale

Tagger et al. 1983 (111)	Efficacy of apical seal of Engine Plugger condensed root canal fillings--leakage to dyes		Thermocompactage avec Engine Plugger			Pénétration de colorant Procion brillant green Ciment AH26 Étude in vitro comparative randomisée de forte puissance, GRADE A	Pas de différence significative avec la condensation latérale
Tagger et al. 1984 (112)	Evaluation of the apical seal produced by the McSpadden compactor and the lateral condensation with a chloroform-softened primary cone		Méthode hybride de Tagger			Pénétration de colorant Procion brillant green Ciment AH26 Étude in vitro comparative randomisée de forte puissance, GRADE A	Supériorité significative de la méthode hybride par rapport à la condensation latérale
O'Neill et al. 1983 (113)	Evaluation of the apical seal produced by the McSpadden compactor and the lateral condensation with a chloroform-softened primary cone		McSpadden			Pénétration de colorant encre de chine Ciment Grossman's sealer Étude in vitro comparative randomisée de forte puissance, GRADE A	Supériorité significative de McSpadden vs condensation latérale
Hopkins et al. 1986 (114)	McSpadden versus lateral condensation: The extent of apical microleakage		McSpadden			Pénétration de radio-isotopes Ciment Wach's sealer (oxyde de zinc) Étude in vitro comparative randomisée de faible puissance, GRADE B	Condensation latérale > McSpadden
Saunders 1989 (115)	The effect of variation in thermomechanical compaction techniques upon the quality of the apical seal		McSpadden Engine Plugger Technique hybride			Pénétration de colorant à l'encre de chine Étude in vitro comparative non randomisée, GRADE B	Pas de différence significative entre les différentes techniques et la condensation latérale
Pommel et Camps 2001 (61)	In vitro apical leakage of system B compared with other filling techniques	System B Condensation verticale à chaud		Thermafil		Filtration des fluides Ciment oxyde de zinc eugenol Étude in vitro comparative randomisée de faible puissance, GRADE B	1 jour : monocône < autres 1 mois : monocône < condensation latérale < trois autres
Xu et al. 2007 (104)	A quantitative evaluation of sealing ability of 4 obturation techniques by using a glucose leakage test	Condensation verticale à chaud manuelle E&Q Plus system		Thermafil		Test de pénétration du glucose Ciment AH Plus utilisé pour toutes les obturations Étude in vitro comparative randomisée de faible puissance, GRADE B	A 24h et 1 semaine : pas de différence significative entre les 4 groupes à partir de 2 semaines : significativement plus de fuite pour la compaction

							latérale à froid vs les 3 autres systèmes
İnan et al. 2007 (105)	Leakage evaluation of three different root canal obturation techniques using electrochemical evaluation and dye penetration evaluation methods	System B		Thermafil		Pénétration de colorant à l'encre de chine Ciment Diaket (oxyde de zinc eugenol) Étude in vitro comparative randomisée de forte puissance, GRADE A	Différence significative Thermafil > condensation latérale, pas de différence significative entre System B et thermafil ou condensation latérale
Hwang et al. 2015 (106)	Comparison of bacterial leakage resistance of various root canal filling materials and methods: Confocal laser-scanning microscope study	Duo alpha et Duo beta system		GuttaCore		Penetration bactérienne avec *E. faecalis* Ciment AH plus utilisé avec les deux techniques Étude in vitro comparative randomisée de faible puissance, GRADE B	Pas de différence significative entre guttacore et condensation verticale à chaud, meilleurs que guttaflow (silicone)
Marques-Ferrera et al. 2017 (107)	Sealing efficacy of system B versus Thermafil and Guttacore obturation techniques evidenced by scintigraphic analysis	System B		Thermafil GuttaCore		Pénétration de radio-isotopes Ciment TopSeal (résine) Étude in vitro comparative randomisée de faible puissance, GRADE B	Pas de différence significative trouvée entre les trois groupes
Lares et ElDeeb 1990 (35)	The sealing ability of the thermafil obturation technique			Thermafil		Pénétration de colorant au bleu de méthylène Ciment Pulp canal sealer Étude in vitro comparative randomisée de forte puissance, GRADE A	Supériorité de la condensation latérale vs Thermafil
Zhang et al. 2009 (116)	Assessment of a new root canal sealer's apical sealing ability	E&Q Plus system			iRoot	Filtration des fluides Comparaison entre iRoot et AH Plus, en monocône et en condensation verticale à chaud Étude in vitro comparative randomisée de forte puissance, GRADE A	A 24h, 1, 4 et 8 semaines, pas de différence significative entre les 4 groupes

Hegde et Arora 2015 (117)	Sealing ability of three hydrophilic single-cone obturation systems: An in vitro glucose leakage study				Endosequence BC Sealer, Smart-Paste Bio-Sealer	Test de pénétration du glucose Comparaison des fuites entre monocône biocéramique et condensation latérale avec ciment résineux (AHPlus) Étude in vitro comparative non randomisée, GRADE B	Monocône avec Endosequence BC ou SmartPaste> Condensation latérale avec AH Plus et Monocône Resilon/RealSeal
Viapiana et al. 2015 (100)	Porosity and sealing ability of root fillings with gutta-percha and BioRoot RCS or AH Plus sealers. Evaluation by three ex vivo methods				BioRoot RCS (en condensation latérale)	Filtration des fluides Comparaison avec AH Plus Étude in vitro comparative non randomisée, GRADE B	Pas de différence significative entre les deux ciments
Ballullaya et al. 2017 (118)	Stereomicroscopic Dye Leakage Measurement of Six Different Root Canal Sealers				Endosequence BC sealer (en condensation latérale)	Pénétration de colorant au bleu de méthylène Étude in vitro comparative randomisée de faible puissance, GRADE B	Supériorité significative de l'Endosequence BC vs ZOE, Sealapex, AH Plus, MTA Plus et Endorez

IV. D. Pronostic

L'étude récente de Aqrabawi de 2006 compare les taux de succès de la condensation latérale à froid avec ceux de l'obturation verticale à chaud. Cette étude rétrospective *in vivo* rapporte un taux de succès égal entre les deux techniques lorsqu'aucune lésion du péri-apex n'est observée à l'examen initial. Une conclusion logique puisque nous avons vu que la technique d'obturation employée n'augmentait pas de taux de survie des dents sans pathologie péri-apicale.
En revanche, un taux de succès supérieur est trouvé pour les dents présentant une lésion péri-apicale lorsque ces dernières sont obturées avec une technique de condensation verticale à chaud.(119)
Une supériorité de l'obturation verticale à chaud sur la condensation latérale concernant la guérison des lésions péri-apicales (87% vs 77%) fut également trouvée lors de l'étude Toronto Study.(74) Ils suggèrent cependant que ces résultats doivent être confortés par des études cliniques.

Dans la méta-analyse de Peng de 2007 (120) évaluant les résultats cliniques de l'obturation par gutta chaude ou par condensation latérale à froid , 10 études cliniques ont été retenues. La douleur postopératoire, le succès à long terme, la qualité de l'obturation et la sur-extension étaient les caractéristiques étudiées. Les résultats suggèrent que les deux techniques d'obturation ne sont pas significativement différentes sauf en cas de sur-extension. Celle-ci serait plus susceptible de se produire avec une obturation à la gutta percha chaude. Par ailleurs, la prévalence de la douleur postopératoire, les résultats à long terme et la qualité de l'obturation étaient similaires entre les deux types d'obturations endocanalaires.
Dans cette méta-analyse, les résultats des dents présentant une maladie pulpaire irréversible et une parodontite apicale chronique n'ont pas été analysés séparément car, soit les études incluses n'ont vérifié aucune différence significative de résultats à long terme entre les deux groupes, soit elles n'ont pas fourni les données relatives à l'état pathologique initial.

Ainsi, concernant le pronostic des dents recevant une obturation à chaud, Chu et al.(121) ont rapporté que les résultats n'étaient pas significativement différents entre les dents avec et sans parodontite apicale préopératoire.
L'étude Michanowicz et al.(122) montre que 24 mois après le traitement, les proportions de lésions péri-apicales diminuaient de 44% à 15% dans le groupe obturé avec une condensation latérale à froid, alors que dans le groupe d'obturation à chaud, la proportion de lésions diminuait de 59% à 5%. Mais cette différence entre les deux groupes concernant le taux de guérison n'était pas statistiquement significative.

Concernant la technique monocône, une étude clinique rétrospective parue en 2018 incluant 307 patients sur 6 ans montre de très bons résultats. Elle donne un taux de succès combiné entre traitements initiaux et retraitements de 90.9%, sans différence significative entre les deux. Il est important de noter que pour les canaux ovales, les praticiens ont ajouté passivement des cônes accessoires.(123)

Ces résultats sont cohérents avec une étude clinique non randomisée de 2020 qui compare les taux de succès d'une obturation monocône avec ciment biocéramique (BioRoot™ RCS) avec ceux d'une obturation verticale à chaud avec un ciment à base de résine (AH Plus®). Sur un total de 104 dents lors de la visite à 1 an, aucune

différence significative n'a pu être mise en évidence entre les deux traitements. Lors de l'analyse CBCT, les taux de succès sont de 80% et 84% pour la condensation verticale et le BioRoot™ RCS respectivement. Ils sont de 89% et 90% à la radiographie.(124)

Finalement, les facteurs prédictifs de l'échec en endodontie mis en évidence par l'analyse de la littérature sont essentiellement la présence d'une lésion apicale initiale et la perte d'étanchéité coronaire.
En d'autres termes, l'échec des traitements endodontiques est souvent lié à une contamination bactérienne, c'est à dire à l'élimination incomplète des bactéries et de leur substrat lors de la préparation initiale ainsi qu'à une obturation inadéquate coronaire et/ou endocanalaire favorisant la prolifération bactérienne.

V. Conclusion

Le but de ce travail était de faire un point sur les techniques d'obturation actuellement disponibles pour le chirugien-dentiste en omnipratique. Les techniques d'obturation à chaud, verticale ou par thermo-compaction, longtemps considérées comme des gold standards et utilisées par de nombreux praticiens, semblaient indispensables à étudier. L'utilisation de nouveaux ciments d'obturation biocompatibles et bioactifs permettent le retour d'une technique longtemps décriée car moins efficace pour la création d'un scellement tridimensionnel hermétique du tiers apical, à savoir l'obturation monocône. La barrière obtenue avec ce type de ciment est une barrière minéralisée.
La comparaison des techniques semble difficile car rares sont les études qui le font. Ces nouveaux ciments à base de silicate de calcium font l'objet de nombreuses évaluations, mais comme le souligne une revue systématique de 2019, elles sont rarement comparables, car menées de manières différentes, avec des méthodologies et des critères d'évaluation variables.
Aucun de ces nouveaux matériaux mis sur le marché ne semble donc réellement supérieur à un autre concernant le résultat thérapeutique à long terme.
Il est cependant intéressant de voir que les études concernant le pronostic des dents traitées avec ces matériaux donnent les mêmes taux de succès que les obturations à chaud.

L'analyse de la littérature révèle que la technique d'obturation n'influe pas directement sur le pronostic à long terme lorsque la préparation et la désinfection sont réalisées selon les bonnes pratiques cliniques. Le choix d'une technique par le chirurgien-dentiste va donc essentiellement reposer sur sa facilité ou sa rapidité de mise en œuvre. A ce titre, l'obturation monocône de gutta percha avec un scellement aux biocéramiques peut-être une solution séduisante, d'autant plus que le ciment de scellement conventionnel à l'oxyde de zinc et eugénol est remplacé par un ciment biocompatible et bioactif entrainant la formation d'hydroxyapathite.

Bibliographie

1. Haute Autorité de Santé. Traitement endodontique : Rapport d'évaluation technologique, septembre 2008. [Internet]. [cité 2 nov 2020]. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2009-01/rapport_traitement_endodontique.pdf
2. Siqueira JF, Rôças IN. Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after treatment procedures. J Endod. nov 2008;34(11):1291-1301.e3.
3. Schilder H. Filling root canals in three dimensions. 1967. J Endod. avr 2006;32(4):281-90.
4. Jordana F, Choussat PH, Colat-Parros J, Société Francophone de biomatériaux dentaires. Support de cours (pdf) : la gutta-percha. [Internet]. [cité 8 juill 2020]. Disponible sur: http://campus.cerimes.fr/odontologie/enseignement/chap20/site/html/cours.pdf
5. Pommel L, About I, Pashley D, Camps J. Apical leakage of four endodontic sealers. J Endod. mars 2003;29(3):208-10.
6. Jordana F, Choussat PH, Colat-Parros J, Société Francophone de biomatériaux dentaires. Support de cours (pdf) : les ciments de scellement canalaire. [Internet]. [cité 8 juill 2020] Disponible sur : http://campus.cerimes.fr/odontologie/enseignement/chap21/site/html/cours.pdf
7. Augsburger RA, Peters DD. Radiographic evaluation of extruded obturation materials. J Endod. oct 1990;16(10):492-7.
8. Camilleri J. Will bioceramics be the future root canal filling materials? Curr Oral Health Rep. sept 2017;4(3):228-38.
9. Šimundić Munitić M, Poklepović Peričić T, Utrobičić A, Bago I, Puljak L. Antimicrobial efficacy of commercially available endodontic bioceramic root canal sealers: A systematic review. PLoS ONE. 2019;14(10):e0223575.
10. Trope M, Bunes A, Debelian G. Root filling materials and techniques: bioceramics a new hope? Endod Topics. mai 2015;32(1):86-96.
11. Primus CM, Tay FR, Niu L-N. Bioactive tri/dicalcium silicate cements for treatment of pulpal and periapical tissues. Acta Biomater. sept 2019;96:35-54.
12. Wang Y, Liu S, Dong Y. In vitro study of dentinal tubule penetration and filling quality of bioceramic sealer. PLoS ONE. 2018;13(2):e0192248.
13. Encyclopædia Universalis. Définition de bioactif [Internet]. [cité 3 nov 2020]. Disponible sur: https://www.universalis.fr/dictionnaire/bioactif/
14. Kim M, Kim S, Ko H, Song M. Effect of ProRoot MTA® and Biodentine® on osteoclastic differentiation and activity of mouse bone marrow macrophages. J Appl Oral Sci. janv 2019;27:e20180150.
15. Giacomino CM, Wealleans JA, Kuhn N, Diogenes A. Comparative biocompatibility and osteogenic potential of two bioceramic sealers. J Endod. janv 2019;45(1):51-6.
16. Tian J, Qi W, Zhang Y, Glogauer M, Wang Y, Lai Z, et al. Bioaggregate Inhibits Osteoclast Differentiation, Fusion, and Bone Resorption In Vitro. J Endod. sept 2015;41(9):1500-6.
17. Gaudin A, Tolar M, Peters OA. Cytokine production and cytotoxicity of calcium silicate-based sealers in 2- and 3-dimensional cell culture models. J Endod. jun 2020 ;46(6):818-826.
18. Sanz JL, Rodríguez-Lozano FJ, Llena C, Sauro S, Forner L. Bioactivity of bioceramic materials used in the dentin-pulp complex therapy: a systematic review. Materials (Basel). Mar 2019;12(7):1015

(7).
19. Arias Moliz T, Camilleri J. The effect of the final irrigant on the antimicrobial activity of root canal sealers. J Dent. sept 2016;52:30-6

20. Alsubait S, Albader S, Alajlan N, Alkhunaini N, Niazy A, Almahdy A. Comparison of the antibacterial activity of calcium silicate- and epoxy resin-based endodontic sealers against Enterococcus faecalis biofilms: a confocal laser-scanning microscopy analysis. Odontology. oct 2019;107(4):513-20.
21. Simon S. L'endodontie de A à Z: Traitement et retraitement. Collection Memento ; 2018. 293 p.
22. Touch'n heat system – Recherche Google [Internet]. [cité 8 juill 2020]. Disponible sur: https://www.google.com/search?q=touch+n+heat+system&rlz=1C5CHFA_enFR764FR764&sxsrf=ALeKk02i6cjfRFFBOxsd7BMOsWXYHdAClg:1594211441058&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjkkJC11L3qAhUJyYUKHZTcAJQQ_AUoAnoECAsQBA&biw=1440&bih=700#imgrc=nmSBxuwVJEvW_M
23. Buchanan LS. The continuous wave of condensation technique: a convergence of conceptual and procedural advances in obturation. Dent Today. oct 1994;13(10):80, 82, 84-5.
24. Dental68.com. Dental Kerr SybronEndo Buchanan System B Heat Pluggers Fill Obturation Tips. [Internet]. [cité 8 juill 2020]. Disponible sur: https://dental68.com/dental-kerr-sybronendo-buchanan-system-b-heat-pluggers-fill-obturation-tips_p0325.html
25. Dentalix. System B - classique - Sybronendo [Internet] [cité 8 juill 2020]. Disponible sur: https://www.dentaltix.com/fr/sybronendo/system-b-classique
26. Obtura Spartan. Obturateur de canal radiculaire à la Gutta Percha - Obtura III Max - Obtura Spartan Endodontics [Internet]. [cité 8 juill 2020]. Disponible sur: https://www.medicalexpo.fr/prod/obtura-spartan-endodontics/product-73482-764060.html
27. Dentalachat, Dentsply-Maillefer. Calamus Dual Densply. [Internet]. [cité 8 juill 2020]. Disponible sur: https://www.dentalachat.com/obturation-a-la-gutta-chaude/calamusr-dual
28. QED-Qedendo. Warm Vertical Condensation [Internet]. [cité 8 juill 2020]. Disponible sur: https://www.qedendo.co.uk/acatalog/Warm-Vertical-Condensation.html
29. Justia Patents. John T. McSpadden Inventions, Patents and Patent Applications [Internet]. [cité 27 avr 2020]. Disponible sur: https://patents.justia.com/inventor/john-t-mcspadden?page=2
30. Laurichesse J-M, Maestroni F, Breillat J. Endodontie clinique. Éditions CdP; 1986.
31. Monografias.com DR. Técnica de condensación termodinámica de la gutapercha [Internet]. [cité 20 juill 2020]. Disponible sur: https://www.monografias.com/trabajos65/condensacion-termodinamica-gutapercha/condensacion-termodinamica-gutapercha.shtml
32. Micro-Méga. MM-Endobook : votre guide endo. [Internet]. [cité 20 juill 2020]. Disponible sur: http://rootcms.elocms.com/documents/users/192/editor/files/endobook_fr1_14.pdf?fbclid=IwAR3SQZxn7xDo1XUb6lm3yOfuS1uVORDhjoId8G5lyjCRCtb1hHfQa6QuONM
33. Dupont. AM.L'obturation canalaire définitive : Quelles techniques pour une utilisation quotidienne. Cahiers de L'ADF.,1998 ;2(2):26-34.

34. Ben Johnson. WM, Lasater. R. D, Tulsa. Le Thermafil : une option nouvelle en accord avec les concepts classiques. Inf. Dent., 1992, 74;(17):1423-1426.
35. Lares C, ElDeeb ME. The sealing ability of the thermafil obturation technique. J Endo. oct 1990;16(10):474-9.
36. Laboux. O, Armengol. V, Hamel. H. Herméticité des obturations radiculaires Encycl Med Chir (Paris), odontologie, [23-063-F-20], 1998.
37. Simon S, Machtou P, Pertot WJ. Endodontie Collection JPIO. Rueil-Malmaison : CdP; 2012
38. THERMAPREP-2_DFU_0517_WEB_DSE_FR.pdf [Internet]. [cité 7 nov 2020]. Disponible sur: http://www.dentsplyargentina.com.ar/thermaprep2dfu.pdf
39. Dentsply Sirona. Obturateurs GuttaCore [Internet]. [cité 7 nov 2020]. Disponible sur: https://www.dentsplysirona.com/content/dentsply-sirona/fr-fr/decouvrez-nos-produits/endodontie/guttacore-obturators.html
40. GUTTACORE_DFU_0717_WEB_DSE_FR.pdf [Internet]. [cité 7 nov 2020]. Disponible sur: http://www.dentsplyargentina.com.ar/guttacoreparaPTNdfu.pdf
41. Cardoso FGDR, Albuquerque MT, Ferreira ND s, Mendona T, Manhães Junior LR, Camargo C, et al. Tomographic analysis of lateral condensation and single-cone obturation techniques. Conference: IADR/AADR/CADR General Session and Exhibition 2013.
42. Angerame D, De Biasi M, Pecci R, Bedini R, Tommasin E, Marigo L, et al. Analysis of single point and continuous wave of condensation root filling techniques by micro-computed tomography. Ann Ist Super Sanita. 2012;48(1):35-41.
43. Abdeldjalil Gadra. Technique d'obturation [Internet]. Techniques d'obturation canalaire. [cité 28 juill 2020]. Disponible sur: https://fr.slideshare.net/AbdeldjalilGadra/technique-dobturation
44. Roth KA, Friedman S, Lévesque CM, Basrani BR, Finer Y. Microbial biofilm proliferation within sealer–root dentin interfaces is affected by sealer type and aging period. J Endod. sept 2012;38(9):1253-6.
45. Amoroso Silva P, Guimarães B, Marciano M, Duarte M, Cavenago B, Ordinola-Zapata R, et al. Microscopic analysis of the quality of obturation and physical properties of MTA Fillapex. Microsc Res Tech. déc 2014; 77(12):1031–1036.
46. Marciano MA, Guimarães BM, Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Cavenago BC, Garcia RB, et al. Physical properties and interfacial adaptation of three epoxy resin-based sealers. J Endod. oct 2011;37(10):1417-21.
47. De-Deus G, Reis C, Di Giorgi K, Brandão MC, Audi C, Fidel RAS. Interfacial adaptation of the Epiphany self-adhesive sealer to root dentin. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. mars 2011;111(3):381-6.
48. Muhammad OH, Chevalier M, Rocca J-P, Brulat-Bouchard N, Medioni E. Photodynamic therapy versus ultrasonic irrigation: interaction with endodontic microbial biofilm, an ex vivo study. Photodiagnosis Photodyn Ther. juin 2014;11(2):171-81.
49. Cheng X, Chen B, Qiu J, He W, Lv H, Qu T, et al. Bactericidal effect of Er:YAG laser combined with sodium hypochlorite irrigation against Enterococcus faecalis deep inside dentinal tubules in experimentally infected root canals. J Med Microbiol. févr 2016;65(2):176-87.
50. Mamootil K, Messer HH. Penetration of dentinal tubules by endodontic sealer cements in extracted teeth and in vivo. Int Endod J. nov 2007;40(11):873-81.
51. Seltzer S, Bender IB, Smith J, Freedman I, Nazimov H. Endodontic failures--an analysis based on clinical, roentgenographic, and histologic findings. I. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. avr 1967;23(4):500-16.
52. Nicholls E. Lateral radicular disease due to lateral branching of the root canal.

Oral Surg Oral Med Oral Pathol. juill 1963;16:839-45.
53. De-Deus G., Murad C., Paciornik S., Reis CM., Coutinho-Filho T. The effect of the canal-filled area on the bacterial leakage of oval-shaped canals ; Int Endod J. ; 2008 ;41(3):183 - 190.
54. Wu M-K, Wesselink PR. Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. Int Endod J. 1993;26(1):37-43.
55. Siqueira JF Jr., Rôças IN., Lopes HP., de Uzeda M. Coronal leakage of two root canal sealers containing calcium hydroxide after exposure to human saliva ; J Endod ; 1999 ;25(1):14 - 16.
56. Poptani B., Sharaff M., Archana G., Parekh V. Detection of Enterococcus faecalis and Candida albicans in previously root-filled teeth in a population of Gujarat with polymerase chain reaction ; Contemp Clin Dent ; 2013 ; 4(1):62 - 66.
57. Carratu P, Amato M, Riccitiello F, Rengo S. Evaluation of leakage of bacteria and endotoxins in teeth treated endodontically by two different techniques. J Endod. avr 2002;28(4):272-5.
58. Barthel CR, Moshonov J, Shuping G, Òrstavik D. Bacterial leakage versus dye leakage in obturated root canals. Int Endod J. 1999;32(5) : 370-5.
59. Shipper G, Ørstavik D, Teixeira FB, Trope M. An evaluation of microbial leakage in roots filled with a thermoplastic synthetic polymer-based root canal filling material (Resilon). J Endod. 2004;30(5):6.
60. Mahera F, Economides N, Gogos C, Beltes P. Fluid-transport evaluation of lateral condensation, ProTaper gutta-percha and warm vertical condensation obturation techniques. Aust Endod J. 2009;35(3): 169-73.
61. Pommel L, Camps J. In vitro apical leakage of system B compared with other filling techniques. J Endod. juill 2001;27(7) : 449-51.
62. Emery O. Evaluation de l'étanchéité des obturations endocanalaires : revue de la littérature. Odontostomatol 2002; 31: 279-297.
63. Wu MK., De Gee AJ., Wesselink PR., Moorer WR. Fluid transport and bacterial penetration along root canal fillings. Int Endod J 1993 ;26(4): 203 - 208.
64. Xu Q., Fan MW., Fan B., Cheung GS., Hu HL. A new quantitative method using glucose for analysis of endodontic leakage; Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2005 ;99(1): 107 - 111.
65. Shemesh H., Wu MK., Wesselink PR. Leakage along apical root fillings with and without smear layer using two different leakage models: a two-month longitudinal ex vivo study ; Int Endod J 2006; 39(12): 968 - 976.
66. Shemesh H., Souza EM., Wu MK., Wesselink PR. Glucose reactivity with filling materials as a limitation for using the glucose leakage model ; Int Endod J 2008 ; 41(10): 869 - 872.
67. Veríssimo DM, do Vale MS. Methodologies for assessment of apical and coronal leakage of endodontic filling materials: a critical review. J Oral Sci. sept 2006;48(3):93-8.
68. Editorial Board of the Journal of Endodontics. Wanted: a base of evidence ; J Endod 2007 ; 33(12): 1401 - 1402.
69. European Society of Endodontology. Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. Int Endod J. déc 2006;39(12):921-30.
70. Friedman S, Mor C. The success of endodontic therapy — Healing and functionality. J Calif Dent Assoc. jun 2004;32(6):493-503.
71. Friedman S, Abitbol S, Lawrence HP. Treatment outcome in endodontics: the Toronto Study. Phase 1: initial treatment. J Endod. déc 2003;29(12):787-93.
72. Farzaneh M, Abitbol S, Lawrence HP, Friedman S, Toronto Study. Treatment

outcome in endodontics-the Toronto Study. Phase II: initial treatment. J Endod. mai 2004;30(5):302-9.
73. Marquis VL, Dao T, Farzaneh M, Abitbol S, Friedman S. Treatment outcome in endodontics: the Toronto Study. Phase III: initial treatment. J Endod. avr 2006;32(4):299-306.
74. de Chevigny C, Dao TT, Basrani BR, Marquis V, Farzaneh M, Abitbol S, et al. Treatment outcome in endodontics: the Toronto study- Phase 4: initial treatment. J Endod. mars 2008;34(3):258-63.
75. Ng Y-L, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K. Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature - part 1. Effects of study characteristics on probability of success. Int Endod J. déc 2007;40(12):921-39.
76. Ng Y-L, Mann V, Gulabivala K. Outcome of secondary root canal treatment: a systematic review of the literature. Int Endod J. déc 2008;41(12):1026-46.
77. Ng Y-L, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K. Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature -- Part 2. Influence of clinical factors. Int Endod J. janv 2008;41(1):6-31.
78. Tabassum S, Khan F. Failure of endodontic treatment: The usual suspects. Eur J Dent. janv 2016;10:144.
79. Ng Y-L, Mann V, Gulabivala K. Tooth survival following non-surgical root canal treatment: a systematic review of the literature. Int Endod J. mars 2010;43(3):171-89.
80. De-Deus G, Gurgel-Filho ED, Magalhães KM, Coutinho-Filho T. A laboratory analysis of gutta-percha-filled area obtained using Thermafil, System B and lateral condensation. Int Endod J. 2006;39(5):378-83.
81. Gençoğlu N. Comparison of 6 different gutta-percha techniques (part II): Thermafil, JS Quick-Fill, Soft Core, Microseal, System B, and lateral condensation. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. juill 2003;96(1):91-5.
82. Samadi F, Jaiswal J, Saha S, Garg N, Chowdhary S, Samadi F, et al. A comparative evaluation of efficacy of different obturation techniques used in root canal treatment of anterior teeth: an in vitro study. Int J Clin Pediatr Dent. 2014;7(1):1-5.
83. Li G-H, Niu L-N, Selem LC, Eid AA, Bergeron BE, Chen J-H, et al. Quality of obturation achieved by an endodontic core-carrier system with crosslinked gutta-percha carrier in single-rooted canals. J Dent. sept 2014;42(9):1124-34.
84. Fragachán M, Pons M, Barriuso E, Frigola J, Ballester M-L, Berástegui E. Micro-computed tomography assessment of different obturation techniques for filling lateral canals. J Clin Exp Dent. juill 2018;10(7):e702-8.
85. Schäfer E, Schrenker C, Zupanc J, Bürklein S. Percentage of gutta-percha filled areas in canals obturated with cross-linked gutta-percha core-carrier systems, single-cone and lateral compaction technique. J Endod. févr 2016;42(2):294-8.
86. Yilmaz A, Karagoz-Kucukay I. In vitro comparison of gutta-percha-filled area percentages in root canals instrumented and obturated with different techniques. J Istanb Univ Fac Dent. 3 avr 2017;51(2):37-42.
87. Mancino D, Kharouf N, Cabiddu M, Bukiet F, Haïkel Y. Microscopic and chemical evaluation of the filling quality of five obturation techniques in oval-shaped root canals. Clin Oral Invest 2020 [online ahead of print]
88. Hirai VHG, Machado R, Budziak MCL, Piasecki L, Kowalczuck A, Neto UX da S. Percentage of gutta-percha-, sealer-, and void-filled areas in oval-shaped root canals obturated with different filling techniques: a confocal laser scanning microscopy study. Eur J Dent. févr 2020;14(1):8-12.
89. Dumani A, Yilmaz S, Yoldas O, Kuden C. Evaluation of various filling techniques in distal canals of mandibular molars instrumented with different single-file nickel-

titanium systems. Niger J Clin Pract. 2017;20(3):307-12.
90. Zogheib C, Hanna M, Pasqualini D, Naaman A. Quantitative volumetric analysis of cross-linked gutta-percha obturators. Ann Stomatol (Roma). janv 2017;7(3):46-51.
91. De-Deus G, Reis C, Beznos D, Abranches AMG de, Coutinho-Filho T, Paciornik S. Limited ability of three commonly used thermoplasticized gutta-percha techniques in filling oval-shaped canals. J Endod. nov 2008;34(11):1401-5.
92. Celikten B, Uzuntas CF, Orhan AI, Orhan K, Tufenkci P, Kursun S, et al. Evaluation of root canal sealer filling quality using a single-cone technique in oval shaped canals: an in vitro micro-CT study. Scanning. avr 2016;38(2):133-40.
93. Polineni S, Bolla N, Mandava P, Vemuri S, Mallela M, Gandham VM. Marginal adaptation of newer root canal sealers to dentin: A SEM study. J Conserv Dent. 2016;19(4):360-3.
94. Germain S, Meetu K, Issam K, Alfred N, Carla Z. Impact of the root Canal Taper on the Apical Adaptability of Sealers used in a Single-cone Technique: A Micro-computed Tomography Study. J Contemp Dent Pract. juill 2018;19(7):808-15.
95. Huang Y, Orhan K, Celikten B, Orhan AI, Tufenkci P, Sevimay S. Evaluation of the sealing ability of different root canal sealers: a combined SEM and micro-CT study. J Appl Oral Sci [Internet]. 16 janv 2018 [cité 7 nov 2020];26. Disponible sur: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5777414/
96. Patri G, Agrawal P, Anushree N, Arora S, Kunjappu JJ, Shamsuddin SV. A scanning electron microscope analysis of sealing potential and marginal adaptation of different root canal sealers to dentin: an in vitro study. J Contemp Dent Pract. janv 2020;21(1):73-7.
97. Jarrett IS, 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. juin 2004;37(6):392-8.
98. Castagnola R, Marigo L, Pecci R, Bedini R, Cordaro M, Coppola EL, et al. Micro-CT evaluation of two different root canal filling techniques. Eur Rev Med Pharmacol Sci 2018; 22(15): 4778-4783.
99. Mancino D, Kharouf N, Hemmerlé J, Haïkel Y. Microscopic and chemical assessments of the filling ability in oval-shaped root canals using two different carrier-based filling techniques. Eur J Dent. mai 2019;13(2):166-71.
100. Viapiana R, Moinzadeh AT, Camilleri L, Wesselink PR, Filho MT, Camilleri J. Porosity and sealing ability of root fillings with gutta-percha and BioRoot RCS or AH Plus sealers. Evaluation by three ex vivo methods. Int Endod J. 2016;49(8):774-82.
101. Arikatla SK, Chalasani U, Mandava J, Yelisela RK. Interfacial adaptation and penetration depth of bioceramic endodontic sealers. J Conserv Dent. août 2018;21(4):373-7.
102. ElAsfouri HA, Saba A. Comparative evaluation of the adaptation of two calcium silicate-based endodontic sealers with a conventional resin-based sealer to dentinal walls: an in vitro scanning electron microscopic study. Egypt Dent J. juil 2019; 65(3): 2481-2489
103. Moor RJGD, Martens LC. Apical microleakage after lateral condensation, hybrid gutta-percha condensation and Soft-Core obturation: an in vitro evaluation. Dent Traumatol. 1999;15(5):239-43.
104. Xu Q, Ling J, Cheung GSP, Hu Y. A quantitative evaluation of sealing ability of 4 obturation techniques by using a glucose leakage test. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. oct 2007;104(4):e109-13.
105. İnan U, Aydemir H, Taşdemir T. Leakage evaluation of three different root canal obturation techniques using electrochemical evaluation and dye penetration evaluation methods. Aust Endod J. 2007;33(1):18-22.

106. Hwang JH, Chung J, Na H-S, Park E, Kwak S, Kim H-C. Comparison of bacterial leakage resistance of various root canal filling materials and methods: Confocal laser-scanning microscope study. Scanning. 2015;37(6):422-8.
107. Marques-Ferreira M, Abrantes M, Ferreira H-D, Caramelo F, Botelho M-F, Carrilho E-V. Sealing efficacy of system B versus Thermafil and Guttacore obturation techniques evidenced by scintigraphic analysis. J Clin Exp Dent. janv 2017;9(1):e56-60.
108. Yilmaz Z, Deniz D, Ozcelik B, Sahin C, Cimilli H, Cehreli ZC, et al. Sealing efficiency of BeeFill 2in1 and System B/Obtura II versus single-cone and cold lateral compaction techniques. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. déc 2009;108(6):e51-55.
109. Leonardo MV, Goto EH, Torres CRG, Borges AB, Carvalho CAT, Barcellos DC. Assessment of the apical seal of root canals using different filling techniques. J Oral Sci. déc 2009;51(4):593-9.
110. Libonati A, Di Taranto V, D Agostini C, Santoro MM, Di Carlo D, Ombres D, et al. Comparison of coronal leakage of different root canal filling techniques: an ex vivo study. J Biol Regul Homeost Agents. avr 2018;32(2):397-405.
111. Tagger M, Tamse A, Katz A. Efficacy of apical seal of Engine Plugger condensed root canal fillings--leakage to dyes. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. déc 1983;56(6):641-6.
112. Tagger M, Tamse A, Katz A, Korzen BH. Evaluation of the apical seal produced by a hybrid root canal filling method, combining lateral condensation and thermatic compaction. J Endod. juill 1984;10(7):299-303.
113. O'Neill KJ, Pitts DL, Harrington GW. Evaluation of the apical seal produced by the McSpadden compactor and the lateral condensation with a chloroform-softened primary cone. J Endod. mai 1983;9(5):190-7.
114. Hopkins JH, Remeikis NA, Van Cura JE. McSpadden versus lateral condensation: The extent of apical microleakage. J Endod. janv 1986;12(5):198-201.
115. Saunders EM. The effect of variation in thermomechanical compaction techniques upon the quality of the apical seal. Int Endod J. juill 1989;22(4):163-8.
116. Zhang W, Li Z, Peng B. Assessment of a new root canal sealer's apical sealing ability. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. juin 2009;107(6):e79-82.
117. Hegde V, Arora S. Sealing ability of three hydrophilic single-cone obturation systems: An in vitro glucose leakage study. Contemp Clin Dent. mars 2015;6(Suppl 1):S86-9.
118. Ballullaya SV, Vinay V, Thumu J, Devalla S, Bollu IP, Balla S. Stereomicroscopic dye leakage measurement of six different root canal sealers. J Clin Diagn Res. juin 2017;11(6):ZC65-8.
119. Aqrabawi JA. Outcome of endodontic treatment of teeth filled using lateral condensation versus vertical compaction (Schilder's Technique). Journal Contemp Dent Pract. févr 2006;7(1):17-24.
120. Peng L, Ye L, Tan H, Zhou X. Outcome of root canal obturation by warm gutta-percha versus cold lateral condensation: a meta-analysis. J Endod. févr 2007;33(2):106-9.
121. Chu CH, Lo ECM, Cheung GSP. Outcome of root canal treatment using Thermafil and cold lateral condensation filling techniques. Int Endod J. 2005;38(3):179-85.
122. Michanowicz AE, Michanowicz JP, Michanowicz AM, Czonstkowsky M, Zullo TP. Clinical evaluation of low-temperature thermoplasticized injectable gutta-percha: a preliminary report. J Endod. déc 1989;15(12):602-7.
123. Chybowski EA, Glickman GN, Patel Y, Fleury A, Solomon E, He J. Clinical

Outcome of Non-Surgical Root Canal Treatment Using a Single-cone Technique with Endosequence Bioceramic Sealer: A Retrospective Analysis. J Endod. juin 2018;44(6):941-5.
124. Zavattini A, Knight A, Foschi F, Mannocci F. Outcome of root canal treatments using a new calcium silicate root canal sealer: a non-randomized clinical trial. J Clin Med. 13 mars 2020;9(3): 782.

UNIVERSITÉ DE NANTES
UNITÉ DE FORMATION ET DE RECHERCHE D'ODONTOLOGIE

Vu le Président du Jury,

Vu et permis d'imprimer

Vu le Doyen,

Pr Bernard GIUMELLI

THIERRY (Pierre). - L'obturation endodontique en omnipratique, le point en 2021. – 49f. ; 32 ill. ; 3 tabl. ; 124 ref. ; 30 cm. (Thèse : Chir. Dent. ; Nantes ; 2021)

RÉSUMÉ :

En omnipratique, le chirurgien-dentiste est toujours à la recherche du système d'obturation le plus efficient possible. L'obturation à la gutta percha chaude, depuis longtemps considérée comme une méthode de choix, est-elle toujours la plus intéressante alors que des ciments biocéramiques sont maintenant disponibles ?
L'obturation monocône, qui ne satisfaisait pas les critères de qualité nécessaires à un traitement pérenne, est maintenant recommandée lors d'une obturation avec des ciments biocéramiques.
Les taux de succès des dents traitées avec ces nouveaux matériaux sont équivalents à ceux des dents obturées avec de la gutta percha chaude.
Ainsi, l'obturation monocône avec des ciments à base de silicate de calcium semble être une alternative intéressante pour l'omnipraticien.

RUBRIQUE DE CLASSEMENT : Odontologie-Endodontie

MOTS CLÉS MESH :

Endodontie / Endodontics
Obturation de canal radiculaire / Root canal obturation
Produits d'obturation des canaux radiculaires / Root canal filling materials

JURY :

Président : Madame le Professeur Fabienne PEREZ
Directeur : Madame le Docteur Bénédicte ENKEL
Assesseur : Madame le Docteur Valérie ARMENGOL
Assesseur : Madame le Docteur Cécile DUPAS

ADRESSE DE L'AUTEUR :

8 rue des Vignes Virées
85800 Saint-Gilles-Croix-de-Vie
pierre_thierry@hotmail.fr