

Évaluation de l'étanchéité de deux techniques d'obturation canalaire en microscopie confocale

Élodie Suso

▶ **To cite this version:**

Élodie Suso. Évaluation de l'étanchéité de deux techniques d'obturation canalaire en microscopie confocale. Médecine humaine et pathologie. 2016. dumas-01360233

HAL Id: dumas-01360233

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01360233

Submitted on 5 Sep 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITE NICE-SOPHIA ANTIPOLIS
FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE
24 Avenue des Diables Bleus, 06357 Nice Cedex 04

EVALUATION DE L'ETANCHEITE DE DEUX TECHNIQUES D'OBTURATION CANALAIRE EN MICROSCOPIE CONFOCALE

Année 2016 Thèse n° 42-57-16-14

THESE

Présentée et publiquement soutenue devant
la Faculté de Chirurgie Dentaire de Nice
le 10 Mai 2016 par

Madame Elodie SUSO

Née le 10 Août 1990 à NICE
Pour obtenir le grade de :

DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE (Diplôme d'Etat)

Examinateurs :

Monsieur le Professeur ROCCA Jean-Paul	Président du jury
Monsieur le Professeur MEDIONI Etienne	Directeur de thèse
Madame le Docteur BRULAT-BOUCHARD Nathalie	Assesseur
Madame le Docteur VOHA Christine	Assesseur
Monsieur le Docteur PALLANCA Claude	Membre invité

Université Nice Sophia Antipolis
Faculté de Chirurgie Dentaire

Année universitaire 2015/2016

CORPS ENSEIGNANT

56ème section : DEVELOPPEMENT, CROISSANCE ET PREVENTION

Sous-section 01 : ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE
Professeur des Universités : Mme MULLER-BOLLA Michèle
Maître de Conférences des Universités : Mme JOSEPH Clara
Assistant Hospitalier Universitaire : Mme PIERRE Audrey

Sous-section 02 : ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE
Professeur des Universités : Mme MANIERE-EZVAN Armelle
Maître de Conférences des Universités : M. FAVOT Pierre
Assistante Associée-Praticien Associée : Mme OUEISS Arlette
Assistant Hospitalier Universitaire : M. BUSSON Floriant

Sous-section 03 : PREVENTION, EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE DE LA SANTE, ODONTOLOGIE LEGALE
Professeur des Universités : Mme LUPI-PEGURIER Laurence
Assistant Hospitalier Universitaire : Mme SOSTHE Anne Laure
Assistant Hospitalier Universitaire : Mme BORSA Leslie

57ème section : SCIENCES BIOLOGIQUES, MEDECINE ET CHIRURGIE BUCCALE

Sous-section 01 : PARODONTOLOGIE
Maître de Conférences des Universités : M. CHARBIT Yves
Maître de Conférences des Universités : Mme VINCENT-BUGNAS Séverine
Assistant Hospitalier Universitaire : Mme LAMURE Julie
Assistant Hospitalier Universitaire : M. RATHELOT Benjamin

Sous-section 02 : CHIRURGIE BUCCALE, PATHOLOGIE ET THERAPEUTIQUE, ANESTHESIE ET REANIMATION
Professeur des Universités Associées : Mme MERIGO Elisabetta
Maître de Conférences des Universités : M. COCHAIS Patrice
Maître de Conférences des Universités : M. SAVOLDELLI Charles
Maître de Conférences des Universités : M. HARNET Jean-Claude
Assistant Hospitalier Universitaire : M. PAUL Adrien

Sous-section 03 : SCIENCES BIOLOGIQUES
Professeur des Universités : Mme PRECHEUR SABLAYROLLES Isabelle
Maître de Conférences des Universités : Mme RAYBAUD Hélène
Maître de Conférences des Universités : Mme VOHA Christine

58ème section : SCIENCES PHYSIQUES ET PHYSIOLOGIQUES ENDODONTIQUES ET PROTHETIQUES

Sous-section 01 : ODONTOLOGIE CONSERVATRICE, ENDODONTIE
Professeur des Universités : Mme BERTRAND Marie-France
Professeur des Universités : M. MEDIONI Etienne
Professeur Emérite : M. ROCCA Jean-Paul
Maître de Conférences des Universités : Mme BRULAT-BOUCHARD Nathalie
Assistant Hospitalier Universitaire : M. MORKOWSKI-GEMMI Thomas
Assistant Hospitalier Universitaire : Mme DUVERNEUIL Laura
Assistant Hospitalier Universitaire : M. GANDJIZADEH GHOUCHANI Mir-Payam

Sous-section 02 : PROTHESES
Professeur des Universités : Mme LASSAUZAY Claire
Maître de Conférences des Universités : M. ALLARD Yves
Maître de Conférences des Universités : M. LAPLANCHE Olivier
Maître de Conférences des Universités : Mme POUYSSEGUR-ROUGIER Valérie
Assistant Hospitalier Universitaire : Mme CERETTI Léonor
Assistant Hospitalier Universitaire : M. OUDIN GENDREL Antoine
Assistant Hospitalier Universitaire : M. SABOT Jean-Guy
Assistant Hospitalier Universitaire : M. SAMMUT Arnaud

Sous-section 03 : SCIENCES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES
Professeur des Universités : M. BOLLA Marc
Professeur des Universités : M. MAHLER Patrick
Maître de Conférences des Universités : Mme EHRMANN Elodie
Maître de Conférences des Universités : M. LEFORESTIER Eric
Assistant Hospitalier Universitaire : Mme CANCEL Bénédicte

Merci au laboratoire KOMET qui a fourni les instruments de préparation nécessaires à l'étude.

La microscopie a été réalisée dans l'Institut Prism «Plateforme PRISM - IBV - CNRS UMR 7277 - INSERM U1091-UNS». Merci à Magali Mondin pour son aide précieuse.

Table des matières

Introduction ……9
Quels sont les enjeux de l'obturation en endodontie ? ……9

1. Généralités……10
    a. Les matériaux d'obturation canalaire ……10
        i. Les matériaux de remplissage ……10
            1. Cahier des charges ……10
            2. Les différents matériaux ……11
                a. La gutta-percha ……11
                b. Le CPoint® ……13
                c. Autres matériaux : Activ GP®, Resilon® ……14
        ii. Le ciment de scellement ……15
    b. Les techniques de remplissage canalaire ……16
    Comment les techniques ont-elles évolué dans le temps ? ……16
        i. Injection de pâte canalaire ……17
        ii. Technique monocône ……17
        iii. Le compactage latéral à froid ……18
        iv. Le thermocompactage et la technique dite mixte ……19
        v. Le compactage vertical à chaud : technique de Schilder et SystemB® 21
        vi. Les systèmes à tuteurs……25
        vii. L'injection de gutta chaude……26
    c. Les moyens d'évaluation de l'étanchéité……28
    Avec quelles méthodes ? ……28
        i. L'imagerie ……28
            1. Le cliché rétroalvéolaire ……28
            2. L'imagerie 3D ……28
        ii. Les tests de percolation apicale ……29
            1. Test de pénétration d'un colorant ……29
            2. Test de pénétration de radio-isotopes ……30
            3. Test de pénétration bactérienne ……30
            4. Test de pénétration de fluides sous pression ……30
        iii. Le pourcentage de remplissage en gutta-percha, en ciment et en vide canalaire……30
        iv. La pénétration de ciment dans les tubuli dentinaires ……31

Qu'est-ce que l'endodontie fondée sur la preuve ? ……32
2. Revue de littérature ……32
    a. Protocole ……32
    b. Etudes sur les techniques d'obturation ……33
        i. Importance de l'obturation ……33
        ii. Comparaison des matériaux de remplissage ……34
        iii. Comparaison des techniques ……38
    c. Synthèse ……41

3. Etude ……45
    a. Intérêt et objectif ……45
    b. Matériel et méthode ……45
    c. Résultats ……51

d. Discussion …….....……...61
e. Conclusion …… …….……...64

Annexes..……..……...……66
Références bibliographiques ……..……..……69

Liste des figures

Figure 1 : Cônes de gutta percha ……...……..……12

Figure 2: Cartouches pour pistolet à gutta ……..….12

Figure 3 : Obturateur du système Thermafil® ……...……12

Figure 4 : Structure du CPoint® en deux parties ……...13

Figure 5 : Observation de la structure du CPoint® au Microscope Electronique à Balayage (grandissement x 150) ……..……...13

Figure 6 : Conditionnement du CPoint® unitaire et stérile …….13

Figure 7 : Kit d'obturation Activ GP® …….…….….14

Figure 8 : Vue d'un cône Activ GP® ……..……...…….14

Figure 9 : Cônes Resilon® (RealSeal®) …….……14

Figure 10 : Radiographie rétroalvéolaire montrant des canaux obturés aux cônes d'argent ……16

Figure 11 : Radiographie rétroalvéolaire montrant des canaux obturés au Thermafil® …16

Figure 12 : Schéma illustrant les différentes étapes de la technique monocône ……..…17

Figure 13 : Schéma montrant les étapes de la technique de compactage latéral à froid ….19

Figure 14 : Schéma montrant les étapes de la technique de thermocompactage ……..…20

Figure 15 : Schéma montrant les étapes de la technique de Peli ……...……..……21

Figure 16 : Schéma montrant les étapes de la technique de Schilder …….……..…22

Figure 17 : Unité de chauffage du System B® …….…….…….….23

Figure 18 : Unité de chauffage et d'éjection du System B® réunis en un appareil ……23

Figure 19 : Différentes tailles de fouloir du System B® …….……23

Figure 20 : Schéma montrant les étapes de la technique du System B® ……24

Figure 21 : Obturateur Thermafil® …….……25

Figure 22 : Four Thermaprep® ……...…….…...25

Figure 23 : Schéma montrant les étapes de la technique d'obturation au Thermafil® …...26

Figure 24 : Pistolet d'injection de gutta chaude du System B® …….…….....27

Figure 25 : Schéma montrant les étapes de la technique d'injection …….…….27

Figure 26 : Coupe longitudinale d'une dent marquée au bleu de méthylène ……....…29

Figure 27 : Schéma du montage de test de pénétration de fluides sous pression ……30

Figure 28 : Tableau reliant niveau de preuve et validité scientifique ……..……...32

Figure 29 : Seringues d'irrigation ……..……...……...47

Figure 30 : Passage de la lime ultrasonore lors du protocole d'irrigation …….……..47

Figure 31 : Les racines sont mises en place dans le socle à l'aide de cire, puis recouvertes de résine …….……..……...……49

Figure 32: Cylindre de résine après démoulage ……...…….....…..49

Figure 33 : Porte-objet et scie circulaire ……...……..49

Figure 34 : Machine à polir (avec disque et vernis à polir) …….……...…….49

Figure 35 : Coupes obtenues …….…….…….49

Figure 36 : Bac à ultrasons …….……...…….…….50

Figure 37 : MCBL……...……...….50

Figure 38 : Acquisition de l'image …….…..……50

Figure 39 : Histogramme en boîtes montrant les mesures de longueurs de pénétration de ciment à 2mm ……...……...51

Figure 40 : Histogramme en boîtes montrant les mesures de longueurs de pénétration de ciment à 5mm ……...……..…….52

Figure 41 : Histogramme en boîtes montrant les mesures de longueurs de pénétration de ciment à 9mm …….……...…….....52

Figure 42: Tableau récapitulatif des valeurs des moyennes et écart-types des mesures de longueur de pénétration du ciment pour chaque niveau ……...…..….52

Figure 43 : Tableau des valeurs de p pour les mesures de longueurs de pénétration de ciment pour chaque niveau …….…..53

Figure 44 : Histogramme en boîtes montrant les pourcentages de vides à 2mm ..……..…53

Figure 45: Tableau récapitulatif des valeurs des moyennes et écart-types des pourcentages de vides à 2 mm …….……...……..…….....….53

Figure 46: Valeur de p pour le pourcentage de vides à 2 mm …….53

Figure 47 : Images de coupes transversales de racines obturées au CPoint® observées au MCBL respectivement à 2mm, 5mm et 9mm …….……54

Figure 48 : Images de coupes transversales de racines obturées au SystemB® observées au MCBL respectivement à 2mm, 5mm et 9mm ……..……..….54

Figure 49 : Tableau des valeurs de p pour les mesures de longueurs de pénétration de ciment selon la technique entre les niveaux ……...……..……...54

Figure 50 : Histogrammes en boîtes comparant les longueurs de pénétration de ciment à 2mm, 5mm, et 9mm en fonction des associations techniques/ciments ……...……55

Figure 51 : Tableau récapitulatif des moyennes et écart-types des longueurs de pénétration de ciment dans les tubuli dentinaires à chaque niveau de coupe en fonction de chaque groupe ……..56

Figure 52 : Valeurs de p entre les groupes deux à deux pour chaque niveau …….……..56

Figure 53 : Valeurs de p entre les niveaux de coupe pour chaque groupe ……..…57

Figure 54 : Histogramme en boîtes des pourcentages de vides à 2mm en fonction des groupes
…….……..…....57

Figure 55 : Tableau récapitulatif des moyennes et écart-types des pourcentages de vides à 2mm en fonction de chaque groupe ……..……..58

Figure 56 : Valeurs de p des pourcentages de vides à 2mm en fonction de chaque groupe…….……..58

Figure 57 : Images d'échantillons représentatifs des groupes CPoint® / AH Plus®, CPoint® / SmartPaste Bio®, SystemB® / AH Plus®, SystemB® / SmartPaste Bio® en profondeur de pénétration de ciment dans les tubuli à 2, 5, et 9mm ……...59

Figure 58 : Images d'échantillons représentatifs des groupes CPoint® / AH Plus®, CPoint® / SmartPaste Bio®, SystemB® / AH Plus®, SystemB® / SmartPaste Bio® en pourcentage de vides à 2mm ……...60

Figure 59 : Grandissement x63 au MCBL mettant en évidence la pénétration de ciment dans le réseau dentinaire ……..……..…….60

Annexe 1 : Tableau des mesures des aires du canal, des aires obturées, des ratios de vides et des mesures de longueurs de pénétration de ciment dans les tubuli à 2 mm …….....66

Annexe 2 : Tableau des longueurs de pénétration de ciment dans les tubuli à 5 mm …....67

Annexe 3 : Tableau des longueurs de pénétration de ciment dans les tubuli à 9 mm …….68

Abréviations

AAE: American Association of Endodontists

ANOVA: Analyse of Variance

CEM: Calcium Enriched Mixture

CT-scan: Computerized Tomography-scan

HAS: Haute Autorité de Santé

MTA : Mineral Trioxide Aggregate

MCBL: Microscopie Confocale à Balayage Laser

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

Introduction

D'après la Haute Autorité de Santé (HAS), le traitement endodontique a pour objectif de traiter les maladies de la pulpe et du périapex et ainsi de transformer une dent pathologique en une entité saine, asymptomatique et fonctionnelle sur l'arcade. L'obturation endodontique est l'étape finale de ce traitement. (XX)

Nous choisissons de ne traiter que de l'obturation endodontique de la dent permanente mature.

Quels sont les enjeux de l'obturation en endodontie ?

L'obturation se définit comme le remplissage par voie coronaire du réseau canalaire préalablement mis en forme et nettoyé, effectué à l'aide d'un matériau ou d'une combinaison de matériaux compatibles.

Son but est de prévenir toute contamination possible du canal (passage de bactéries et fluides) en scellant l'espace canalaire dans sa totalité, foramen, canalicules dentinaires et canaux accessoires. (XX)

Le choix du matériau et de la technique d'obturation doivent être adaptés aux conditions cliniques : forme du canal, ouverture de l'apex, choix du concept de mise en forme, ouverture buccale du patient, temps disponible, travail à quatre mains possible…

La qualité de l'obturation va influer sur le succès ou non de l'ensemble du traitement endodontique. Ainsi, Gillen dans une étude en 2011 estime que le risque de développement d'une infection périapicale chez un patient présentant une restauration coronaire adéquate mais une obturation canalaire inadéquate est 2,7 fois supérieur à celui chez un patient avec une restauration et une obturation adéquates. (II)

Une bonne obturation canalaire se doit d'être tridimensionnelle, hermétique, durable et fiable, engageant des matériaux et des techniques reconnus.
D'après les recommandations de l'American Association of Endodontics (AAE) de 2009, une évaluation doit être réalisée le jour du soin, puis à quelques semaines. Une réévaluation doit être réalisée à 6 mois puis à 1 an.

<u>Quels sont les critères de jugement ?</u>
Immédiatement (le jour du soin), ils sont radiologiques :

- Radio-opacité homogène et maximale : renseignant sur la densité
- Absence de vacuité (pariétales et au sein de l'obturation) : information sur la forme et l'adaptation aux parois de l'obturation
- Respect de la limite de préparation : dépassement de matériau, sous-obturation.

Une méta-analyse montre que les obturations situées de 0 à 1mm en deçà de l'apex ont un meilleur taux de succès que les obturations situées de 1 à 3mm en deçà de l'apex. Aussi,

elle affirme qu'une sous-obturation a de plus grandes chances de succès qu'une obturation qui va au-delà de l'apex. (20)
A la réévaluation, ils sont radiologiques et cliniques :

- Absence de signes radiologiques ou régression (infection périapicale, résorption radiculaire)
- Inspection visuelle
- Percussion axiale
- Palpation vestibulaire et linguale de la gencive
- Sondage parodontal
- Dent asymptomatique

1. Généralités

a. Les matériaux d'obturation canalaire

On distingue un matériau de remplissage (cône de gutta-percha, CPoint®, tuteur enrobé de gutta-percha) et un ciment de scellement fluide qui fait le joint entre le matériau de remplissage et la dentine pariétale canalaire.

i. Les matériaux de remplissage

1. Cahier des charges (critères de Grossman)

Aucun matériau n'est idéal. Lorsqu'il choisit d'utiliser un matériau, le praticien fait un compromis entre ses avantages et ses inconvénients. Les propriétés suivantes sont recherchées :

Qualités physiques et mécaniques :

- fluage
- temps de travail court
- temps de prise rapide
- épaisseur du film de ciment
- stabilité dimensionnelle
- insolubilité dans les fluides biologiques
- radio-opacité
- adhérence
- solubilité
- coloration
- stérilisation

Qualités biologiques :

- biocompatibilité
- antisepsie

– anti-inflammatoire

Des techniques désuètes consistaient à obturer les canaux à l'aide de cônes d'argent ou bien avec une pâte canalaire uniquement. Ces obturations ne remplissaient pas les critères d'une bonne obturation, et les matériaux ne répondaient pas au cahier des charges (difficulté à retraiter, résorbabilité, problèmes de biocompatibilité, coloration de la dent). Il est donc inutile de les développer.

2. Les différents matériaux

a. La gutta-percha

C'est le matériau le plus utilisé. Il s'agit d'une gomme issue du latex naturel, de formule générale (C5H8)n. Introduite en endodontie par Bowman et Hill en 1867, elle existe sous 2 formes cristallines : phase α plastique, phase ß solide ; et une phase γ amorphe.
D'après la Société Francophone de Biomatériaux Dentaires : (21)
- la forme ß est retrouvée dans les cônes de gutta percha. Sa température de ramollissement est de 70-80 °C, sa viscosité est élevée. Sa fluidité insuffisante et son manque d'adhérence nécessitent un compactage. Elle est utilisée dans les techniques monocône, de compactage latéral à froid et de compactage vertical à chaud. Sa rigidité permet son insertion canalaire.

- la forme α est retrouvée dans les carpules de gutta injectée. Sa température de ramollissement est de 50°C. Sa viscosité est faible (capacité d'écoulement, fluide à basse température). Elle possède un caractère collant au chauffage, ce qui augmente l'herméticité. Son manque de rigidité demande l'utilisation de seringue, capsules ou tuteurs. L'augmentation de volume au chauffage est suivie d'une contraction au refroidissement. Elle est utilisée dans la technique de gutta injectée ou dans les systèmes à tuteurs. Dans le cas des tuteurs, certains fabricants proposent des cônes avec un noyau de gutta en phase β (rigidité) enduit de gutta en phase α (déformabilité).

Entrent dans sa composition les éléments suivants (en différentes proportions suivant les fabricants et l'utilisation faite de la gutta) :

- gutta percha : 20-25%
- oxyde de zinc : 35-75%
- sulfate de baryum : 2-30% (radio-opacité)
- cires et résines : 2-30% (plastifiants)
- colorants et métaux lourds : traces

Les principales propriétés de la gutta-percha utilisée en endodontie :

- Mécaniques :
- Viscosité : élevée sous forme β, faible sous forme α (capacité d'écoulement)
- Rigidité : être suffisante pour permettre l'insertion du cône dans le canal sans se plier
- Résistance mécanique faible

- Radio-opacité (apportée par le sulfate de baryum)
- Elasticité, compressibilité, malléabilité : se déforme pour épouser les parois canalaires (à froid et à chaud)
- Adhérence : aucune adhérence avec la dentine
- Conduction thermique : faible
- Dilatation thermique élevée : changements volumétriques au refroidissement de la gutta chauffée
- Imperméabilité, étanchéité : n'absorbe pas les fluides

- Chimiques :
- Oxydation à l'air et à la lumière (les cônes deviennent friables)
- Solubilité dans le chloroforme, l'eucalyptol et l'essence de Térébenthine (utilisée lors des retraitements)

- Biologiques :
- Biocompatibilité avec les tissus péri-apicaux, mais un dépassement au-delà de l'apex constitue une agression
- Non résorbable dans le temps

- Propriétés d'usage :
- Manipulation aisée, utilisation à froid ou à chaud
- Non colorante pour les tissus dentaires
- Désinfection possible par immersion dans de l'hypochlorite de sodium
- Réintervention, désobturation facile
- Coût modéré

On peut trouver la gutta-percha sous diverses présentations :
– cônes standardisés ou non standardisés
– bâtonnets ou cartouches de pistolet à gutta (système Obtura® ou System B ®)
– capsules avec aiguilles (système Ultrafil®)
– seringues (système Microflow®)
– montée sur un instrument manuel, enrobant des pointes acryliques (Thermafil®) ou sur un mandrin rotatif (JS Quck-fill®)



Figure 1 : Cônes de gutta percha (44)



Figure 2: Cartouches pour pistolet à gutta (30)



Figure 3 : Obturateur du système Thermafil® (42)

b. Le CPoint®

Alternative récente à la gutta percha, le système CPoint® (Endo Technologies, LLC) se compose de cônes auto-adhésifs qui réalisent une expansion dimensionnelle au contact de l'humidité présente dans le ciment de scellement et dans la dentine. Sa structure comprend 2 parties :

- une cœur au centre composé de deux nylons (trogamid CX et trogamid T) lui conférant une tenue et une bonne prise en main
- un revêtement de polymères hydrophiles lié et entourant la partie centrale, qui réalise une expansion radiale et scelle le canal (copolymères de deux monomères acrylonitrile et N-vinyl-pyrrolidone, polymérisés et hybridés à l'aide d'alyl-méthacrylate, et d'activateurs thermiques et UV).

La propriété de radio-opacité est apportée par le dioxyde de zirconium présent dans les deux parties.

Le CPoint® s'utilise uniquement en technique monocône. D'après le fabricant, l'expansion de prise peut aller jusqu'à plus 20% de volume obturé supplémentaire.

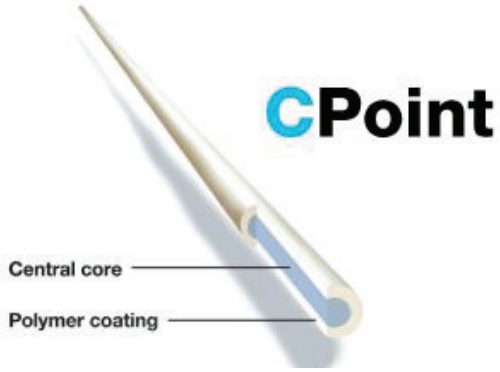


Figure 4 : Structure du CPoint® En deux parties (43)

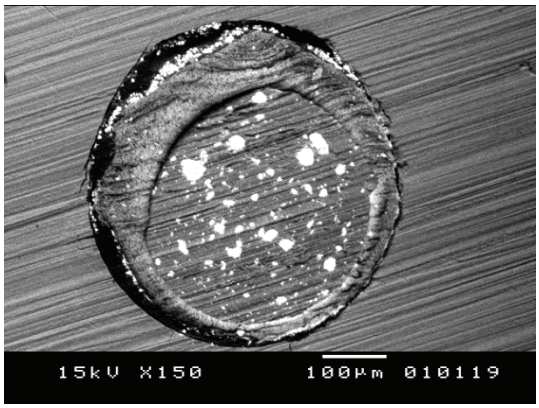


Figure 5 : Observation de la structure du CPoint® au Microscope Electronique à Balayage (grandissement x 150)



Figure 6 : Conditionnement du CPoint® unitaire et stérile (43)

c. Autres matériaux

- Activ GP®

Il s'agit d'un cône de gutta enrobé d'un revêtement à base de verre ionomère. Des particules de verre ionomère sont également retrouvées au sein de la gutta. Il est utilisé en technique monocône, en association avec un ciment à base de verre ionomère. Ses avantages sont sa biocompatibilité, sa capacité d'adhésion aux parois canalaires (mais adhésion faible connue entre la gutta percha et les verres ionomères), la capacité de relargage de fluor, et son activité antimicrobienne. (6)

Sur le même principe, chez Ultradent, sont commercialisés des cônes de gutta enduits de résine (Ultradent, South Jordan, Utah).



Figure 7 : Kit d'obturation Activ GP ® (29)



Figure 8 : Vue d'un cône Activ GP ® (28)

- Resilon ®

Resilon® (vendu en kit RealSeal® chez SybronEndo) se compose de polymères synthétiques de polyester (résine), de particules de verre bioactives et d'éléments radio-opaques. Il ne peut être utilisé qu'avec le ciment adapté. Ne liaison chimique est formée entre le Resilon®, le ciment de scellement et les murs dentinaires formant un système monobloc Resilon® (qualités supposées d'étanchéité et de renforcement de la racine) (8). La réintervention est possible, en faisant réchauffer le matériau, ou bien en utilisant du chloroforme.

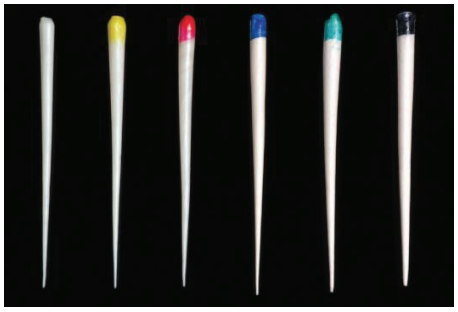


Figure 9 : Cônes Resilon® (RealSeal®) (34)

ii. Le ciment de scellement

Ses objectifs sont de:

- Faciliter la mise en place du maître cône : rôle de lubrifiant
- Etablir un joint entre les cônes de gutta-percha et la dentine pariétale canalaire
- Assurer l'étanchéité apicale pour prévenir toute migration bactérienne et risque de percolation
- Obturer les zones inaccessibles à la gutta-percha
- Créer un milieu défavorable au développement des micro-organismes

De nombreuses qualités sont recherchées :

- Une manipulation facile
- Un durcissement relativement lent
- Des propriétés mécaniques en faible épaisseur acceptables
- Une stabilité dans le temps
- Etre peu résorbable : être insolubles dans les fluides tissulaires
- Etre antiseptique, bactériostatique
- Apporter de l'humidité aux nouveaux matériaux de remplissage hydrophiles (CPoint®)
- Etre radio-opaque
- Ne pas colorer la dent
- Une bonne adhérence aux parois canalaires
- Une tension superficielle et fluidité permettant l'obturation des tubuli
- Permettre la désobturation : être soluble dans des solvants
- Etre biocompatible : toléré par les tissus et non irritant pour le tissu péri-apical
- Ne pas provoquer de réaction immunitaire
- Ne pas être mutagène ou carcinogène

Il existe différents types de ciments. Suivant leur composition, ils peuvent être à base :

- d'oxydes de zinc – eugénol,
- de résine méthacrylate
- de résine composite
- de verre ionomère
- d'hydroxyde de calcium
- de biocéramique
- de silicone
- de mineral trioxide aggregate (MTA)
- de biodentine

Les différents types de ciment sont présentés dans le travail de Mlle Balbi Sandra, pour ce travail qui a été réalisé dans sa partie expérimentale de façon conjointe.

a. Les techniques de remplissage canalaire

Le choix de la technique va dépendre de la situation clinique et des conditions de réalisation du soin : obturation de première intention, retraitement endodontique, présence d'une perforation, apex large, lésion endo-parodontale, courbure, racine frêle, expérience du praticien, travail à quatre mains possible, matériel et temps disponibles…

Les objectifs des techniques de l'obturation canalaire sont :

- Obtention d'une obturation tridimensionnelle, homogène, dense
- Fiabilité, reproductibilité
- Apprentissage facile
- Coût modéré en matériel
- Temps d'obturation le plus réduit possible

Comment les techniques ont-elles évolué dans le temps ?

endant longtemps, le canal était rempli de pâte canalaire uniquement. En 1867, Truman introduit la gutta-percha comme matériau d'obturation. Bowman propose une technique monocône de gutta-percha sans ciment. Dans les années 1890, Cramm utilise des cônes de cuivre avec un ciment. Plus tard, Jasper développe les cônes d'argent aux vertus supposées antiseptiques. Cette méthode d'obturation sera la technique de référence pendant de longues années. C'est en 1967 que Schilder propose une technique de remplissage tridimensionnel utilisant de la gutta réchauffée ramollie et un ciment. Elle est toujours considérée comme l'une des techniques les plus performantes de nos jours. Dans les années 1970, les systèmes à tuteurs se développent. En 1981, Mac Spadden met au point une technique de compactage thermomécanique. Dans les années 1990 Buchanan modifie la technique de Schilder et élabore le System B®. Le XXIème siècle voit l'essor de nouveaux matériaux tels que le CPoint® (cône d'obturation à base de polymères), les ciments à base de biocéramique ou de biodentine.

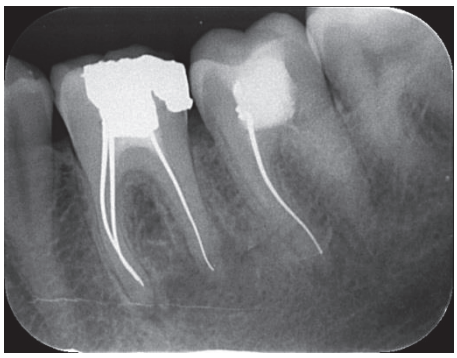


Figure 10 : Radiographie rétroalvéolaire montrant des canaux obturés aux cônes d'argent. (35)



Figure 11 : Radiographie rétroalvéolaire montrant des canaux obturés au Thermafil ® (32)

i. Injection de pâte canalaire

Cette technique désuète n'est pas recommandée. Elle a longtemps été pratiquée.

- Principe : remplissage du canal par de la pâte
- Matériel : bourre-pâte type Lentulo
- Technique : la pâte canalaire était déposée sur un instrument mécanisé qui la propulsait dans le canal. Le canal était rempli par apports successifs de pâte.
- Inconvénient : rétraction de prise et résorbabilité de la pâte au fil du temps

Cette technique a permis et permet aujourd'hui la mise en place de pâtes médicamenteuses antiseptiques, désinfectantes voire antibiotiques. Elle est toujours utilisée pour mettre en place l'hydroxyde de calcium.
Des bourre-pâtes plus performant ont même été mis au point : le Pastinject ® (Micro-Mega), vis d'Archimède sur une lame plate torsadée et non plus un fil rond comme le Lentulo. Les risques de dépassement de pâte et de blocage - donc de fracture - sont importants.

ii. Technique monocône

Technique la plus pratiquée par les praticiens an cabinet pour sa rapidité d'exécution.

- Principe : le cône est enduit de ciment et simplement inséré dans le canal. Ou bien le canal est rempli de ciment au Lentulo, puis le cône est mis en place.
- Matériaux utilisables : cônes d'argent, cônes de gutta-percha, CPoint®, Activ GP®
- Matériel : bistouri, fraise boule ou réchauffeur (heat carrier)
- Technique : Dans le canal préparé, le ciment est inséré à l'aide de pointes de papier ou bien à l'aide d'un Lentulo. Puis le cône, lui-même enduit de ciment, est inséré à la longueur de travail (LT). Il est coupé au niveau de l'entrée du canal.



Figure 12 : Schéma illustrant les différentes étapes de la technique monocône : (33)

1. Essayage du cône à la LT/ 2. Cône coupé au niveau de l'entrée canalaire / 3. Mise en place du cône enduit de ciment à la LT

- Avantages : technique simple, rapide

- Inconvénients : présence de vides non obturés par le cône, risque de surpréparation (le cône doit venir emplir la totalité de l'espace canalaire = obligation de choisir un gros diamètre ou une forte conicité). L'obturation n'est pas tridimensionnelle.

Les techniques qui suivent (compactage latéral à froid, le thermocompactage, la technique mixte de Peli, compactage vertical à chaud) sont basées sur l'ajustage d'un maître-cône, puis l'ajout d'un ou plusieurs cônes accessoires. Cette étape commune à ces techniques est décrite ici et précède les autres gestes.

Ajustage du maître-cône :
Une fois la préparation canalaire réalisée, une lime de conicité 2% correspondant au diamètre du dernier instrument passé est essayée à LT-1mm : poussée légèrement en direction apicale, elle doit se bloquer. C'est le jaugeage apical. Si cette lime dépasse, il faut prendre la lime de diamètre supérieur, et la réessayer, et si besoin prendre encore la lime de diamètre supérieur, jusqu'à ce que la lime soit bloquée à LT-1mm. Le diamètre de cette lime correspond au diamètre apical. On choisit alors le maître-cône correspondant à ce diamètre. Il est essayé dans le canal : il doit aller jusqu'à LT -1mm sans dépasser ; et lors de son retrait, on doit ressentir une résistance au retrait (tug-back). Son adaptation est alors contrôlée à l'aide d'un cliché radiographique (longueur). Il est si besoin recoupé ou bien changé pour un cône de plus grand diamètre.

iii. Le compactage latéral à froid

C'est la technique la plus enseignée dans le monde et qui sert de référence dans les études comparatives.

- Principe : elle utilise la plasticité naturelle / malléabilité à température ambiante de la gutta percha qui est écrasée latéralement sans apport de chaleur par un fouloir de compactage latéral manuel (finger spreader) afin de la déformer et de la mouler aux parois canalaires.

- Matériau : cônes de gutta-percha

- Matériel : 2 finger spreader au minimum, bistouri ou heat carrier ou fraise boule, plugger

- Technique : une petite quantité de ciment est mise en place dans le canal avec des pointes de papier stériles ou à l'aide d'un bourre-pâte type Lentulo ou mieux encore en imprégnant la partie apicale du cône de ciment. Le cône principal est dit maître-cône : il est enduit de ciment, introduit à la LT. Le fouloir de compactage latéral

manuel (préalablement essayé) est inséré dans le canal le long du cône jusqu'à LT-2mm. On réalise une poussée apicale pour plaquer le cône latéralement et l'adapter à la paroi canalaire, puis un mouvement de rotation en ¼ de tour alterné est réalisé pour compacter latéralement le cône contre une des parois du canal. Le maitre cône ainsi compacté scelle la partie apicale du canal et le finger spreader ressorti laisse un espace disponible pour l'ajout de cônes de gutta-percha supplémentaires. Les cônes supplémentaires sont dits accessoires: ils sont scellés et compactés l'un après l'autre de la même manière que le maître-cône (avec un finger spreader de plus grand diamètre qui compacte toujours contre la même paroi) et en remontant vers la cavité d'accès jusqu'à remplissage complet du canal. Les cônes sont coupés à chaud au niveau de l'entrée canalaire et foulés verticalement à l'aide d'un plugger.

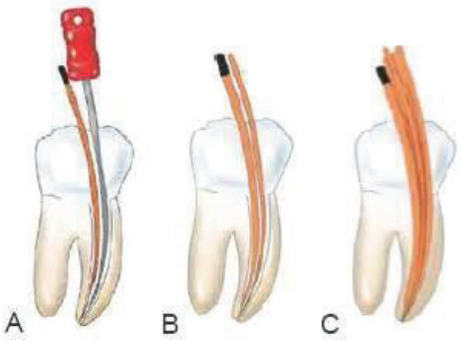


Figure 13 : Schéma montrant les étapes de la technique de compactage latéral à froid (37) :

A. mise en place du maître-cône enduit de ciment et compactage à l'aide du finger spreader à LT-1mm / B. Ajout d'un cône accessoire / C. Ajout de cônes accessoires supplémentaires

- Avantages : technique simple, efficace, reproductible, apprentissage rapide, instrumentation simple (finger spreader). Technique reconnue comme fiable, qui est souvent utilisée comme technique de référence dans les études (voir la partie revue de littérature)

- Inconvénients : technique plus longue que la technique monocône, plus coûteuse (utilisation de nombreux cônes), la densité des 2/3 coronaires est moins bonne que celle du 1/3 apical, on n'obtient pas un scellement des canaux accessoires et latéraux aussi performant qu'avec les techniques de compactage de gutta chaude, les cônes de gutta restent désolidarisés malgré le compactage latéral.

iv. Le thermocompactage et la technique dite mixte

Le thermocompactage

- Principe : la technique de Mac Spadden consiste en l'utilisation d'un compacteur qui, mis en rotation rapide, va chauffer par friction la masse de gutta qui se plastifie. Il va ainsi la compacter latéralement et apicalement dans le canal.

- Matériau : cônes de gutta percha

- Matériel : compacteur de gutta (type Mac Spadden ou gutta-condensor) qui est une lime rotative avec un profil de lime H inversé en conicité 2%, existant en plusieurs diamètres à partir de 25/100ème. Il en existe aujourd'hui en Ni-Ti, le PacMac® (Kerr Endodontics) qui est plus flexible et permet donc de passer les courbures sans risque de fracture.

- Technique : insertion dans le canal du maître-cône préalablement enduit de ciment. Si l'espace canalaire restant le permet, insertion d'un cône accessoire. Le compacteur de gutta est ensuite mis en place dans le canal à l'arrêt et mis en rotation. Au bout de quelques secondes (le temps que la gutta se ramollisse), il est enfoncé en direction de l'apex jusqu'à LT-2mm. On ressent alors une impression d'éjection du canal : on résiste 5 secondes et on retire l'instrument en rotation en prenant appui sur une paroi canalaire.



Figure 14 : Schéma montrant les étapes de la technique de thermocompactage : (40)

1. Mise en place du maître-cône et insertion du compacteur à l'arrêt / 2. Mise en rotation, descente jusqu'à LT-2mm / 3. Retrait en rotation

- Avantages : gain de temps, gestes simples, plateau technique simple, économie de cônes de gutta, possibilité de réchauffer la gutta pour recompacter et améliorer l'obturation, obturation tridimensionnelle.

- Inconvénients: nécessite un apprentissage de la technique, risque de fracture instrumentale si temps de travail allongé ou blocage contre une paroi ou bien canaux courbes. Forces de compression présentes, risque de dépassement de matériau si mauvais ajustage du maître cône.

La technique mixte de Peli

- Principe : il s'agit d'une technique combinée de compactage latéral à froid pour l'obturation du 1/3 apical et de compactage thermomécanique selon la technique de

Mac Spadden pour l'obturation des 2/3 coronaires du canal. L'échauffement produit par la rotation du compacteur au contact de la gutta-percha va la fluidifier et la pousser en direction apicale.

- Matériau : cônes de gutta-percha

- Matériels: finger spreader, Mac Spadden

- Technique : mise en place du maître cône enduit de ciment et compacté latéralement contre une paroi à l'aide d'un finger spreader. Insertion et compactage de la même façon d'un seul cône accessoire. De la place est laissée pour l'insertion du thermocompacteur. Insertion du compacteur à l'arrêt jusqu'à LT-2mm et mise en rotation : la gutta se ramollit, les cônes s'enfoncent progressivement dans le canal. Poussée apicale et remontée le long d'une paroi canalaire instrument toujours en rotation. Compactage vertical à l'aide d'un plugger.

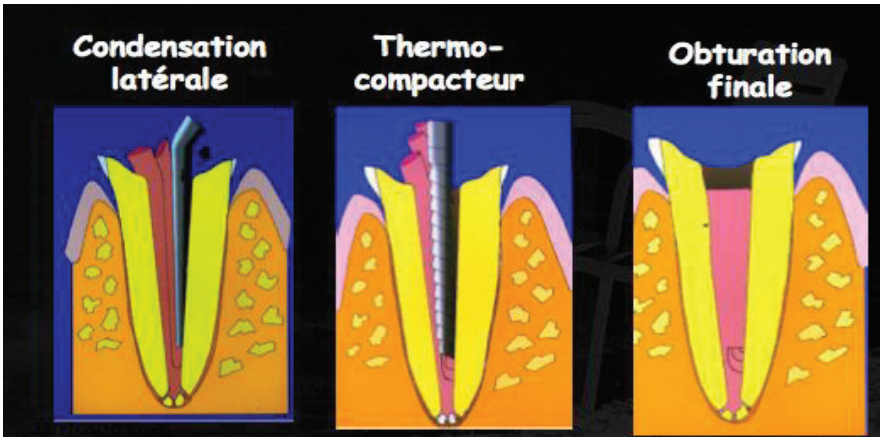


Figure 15 : Schéma montrant les étapes de la technique de Peli (13)

- Avantages: technique facile d'apprentissage, rapide à réaliser et reproductible, diminution du risque de fracture instrumentale et de dépassement, meilleure homogénéité de la gutta, gain de temps par rapport à la technique classique de compactage latéral.

- Inconvénients : risque de fracture du Mac Spadden si la gutta n'a pas été bien ramollie ou en cas de butée contre une paroi, dépassement possible, technique plus longue que le compactage latéral simple

v. Le compactage vertical à chaud : technique de Schilder et System B®

- Principe : des fouloirs verticaux et une source de chaleur vont permettre la formation d'un bouchon de gutta qui va être déplacé en direction apicale (vague descendante) jusqu'à l'adaptation tridimensionnelle de ce bouchon dans les derniers millimètres apicaux.

- Matériau : cônes de gutta percha

- Matériel : heat-carriers et pluggers de différents diamètres, source de chaleur / fouloir chauffant System B®

- Technique de Schilder: le maître cône est enduit de ciment et inséré dans le canal. Il est coupé à l'entrée du canal à l'aide d'un heat carrier de grand diamètre chauffé, et compacté verticalement à froid afin d'obtenir un plateau régulier. Une poussée apicale est ensuite appliquée par un plugger de grand diamètre. Cette phase est nommée « phase descendante ». Ces étapes de réchauffage, de retrait d'un peu de gutta ramollie et de compactage vertical à froid sont répétées à l'aide de fouloirs de diamètres de plus en plus réduits (donc de longueur de pénétration de plus en plus importante) jusqu'à former un bouchon apical scellant les 3- 4 mm apicaux. La phase de remontée consiste en un remplissage des parties moyennes et coronaires du canal soit par apport de morceaux de cônes réchauffés et compactés (technique originelle de Schilder), soit de gutta (en phase alpha) réchauffée et injectée, soit par ajout de gutta thermocompactée à l'aide d'un compacteur de type Mac Spadden.

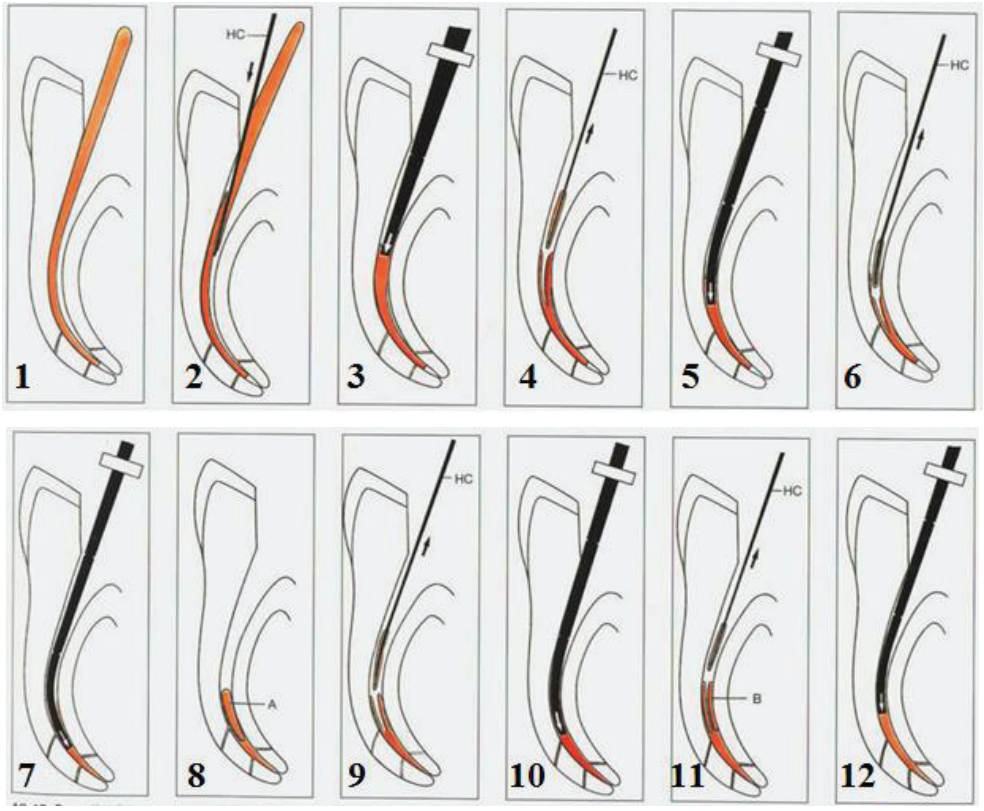


Figure 16 : Schéma montrant les étapes de la technique de Schilder : (36)

1.Essayage du maître-cône / 2. Cône coupé à l'entrée du canal avec le heat carrier / 3. Compactage avec le plugger / 4. Réchauffage et retrait de gutta avec le heat carrier / 5. Compactage / 6. Réchauffage et retrait de gutta / 7. Compactage / 8. Ajout de morceaux de gutta / 9. Réchauffage et retrait de gutta / 10. Compactage / 11. Réchauffage de la gutta remontée sur les parois / 12. Compactage

- Technique du System B® (Sybronendo) : Le System B® (« B » pour « based », car au départ Buchanan fait correspondre les diamètres et conicités du dernier instrument de préparation, du maître-cône et du fouloir) se compose d'une unité de chauffage et d'une unité d'éjection de gutta. L'unité de chauffage permet de réaliser la phase descendante de l'obturation. Une cellule de chauffe monte jusqu'à 200°C et l'on obtient une température de 70°C au bout du fouloir. Les fouloirs chauffants sont composés d'un fil de cuivre qui transmet la chaleur entouré d'un alliage spécial malléable procurant au fouloir la capacité de se déformer pour s'adapter aux courbures canalaires. Les fouloirs existent en conicités 4%, 6%, 8%, 10%, 12% et sont disponibles en différents diamètres : extra-fine, fine, fine-medium, medium, medium-large. L'unité d'éjection réchauffe des morceaux de gutta. Cette dernière, ramollie, s'écoule à travers une aiguille en argent (elle aussi déformable et conductrice de chaleur) et viendra réaliser la phase de remontée en remplissant la partie moyenne et coronaire du canal.



Figure 17 : Unité de chauffage du système B® (38)



Figure 18 : Unité de chauffage et d'éjection du System B® réunis en un appareil (38)



Figure 19 : Différentes tailles de fouloir du System B® (38)

Etapes : le maître-cône est enduit de ciment et mis en place dans le canal à LT-1mm. Il est coupé au niveau de l'entrée du canal afin d'obtenir un plateau. Un seul

instrument joue le rôle de fouloir et de réchauffeur. Le fouloir est mis au contact de la gutta et utilisé pour compacter verticalement en une seule vague de descente la gutta. Il est descendu jusqu'à LT-5mm. On maintient la pression quelques secondes, puis le fouloir est chauffé 1s afin de le désolidariser de la masse de gutta et le désinsérer du canal. A l'aide d'un plugger, on rabat les excès de gutta remontés le long des parois canalaires, et on compacte. Cette vague de descente aboutit à l'obturation du système canalaire latéralement et à la création d'un bouchon apical. Elle est suivie d'une phase de remontée visant à obturer le reste du canal (partie coronaire).

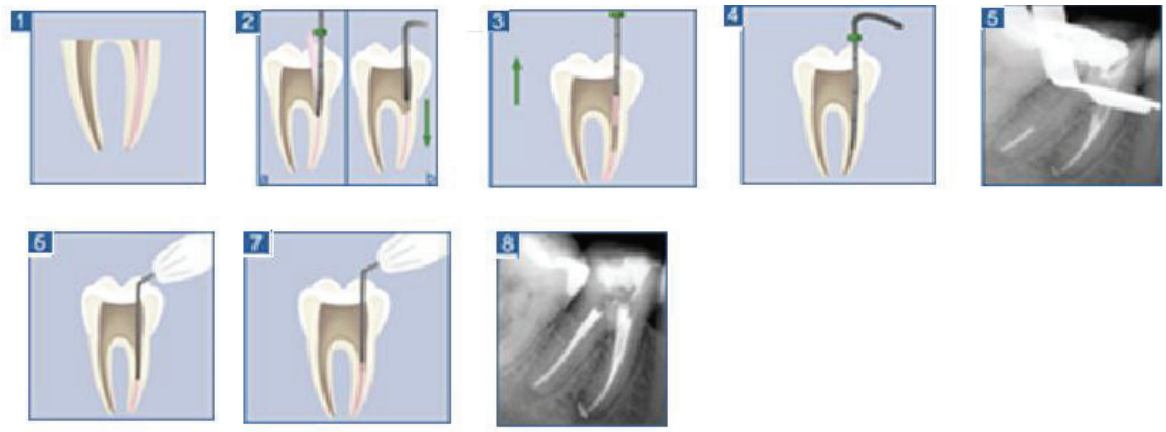


Figure 20 : Schéma montrant les étapes de la technique du System B® : (41)

1.Essayage du maître-cône / 2. Cône coupé à l'entrée du canal et compactage vertical / 3. Insertion de l'instrument chauffé et retrait de gutta / 4. Compactage / 5. Contrôle radiographique de la phase descendante / 6. Insertion de l'aiguille de la seringue d'éjection / 7. Injection de gutta chaude / 8. Contrôle radiographique de la phase de remontée.

- Avantages: excellents résultats en terme d'étanchéité, remplissage tridimensionnel du canal ; les forces de compactage vont pousser le ciment et la gutta percha dans les canaux latéraux et les irrégularités, ce sont les meilleurs techniques reconnues à ce jour (voir la partie revue de littérature), anciennement on pouvait observer une difficulté à insérer les pluggers dans les canaux courbes poussant à élargir les canaux (risque de surpréparation) mais maintenant il existe des fouloirs fins (4%, 25/100ème) supprimant ce risque.

- Inconvénients: nécessite une courbe d'apprentissage longue, travail à 4 mains idéalement, risque de fracture radiculaire car les forces de compression sont importantes, risque de dépassement de matériau au-delà de l'apex si mauvais ajustage du maître cône

vi. Les systèmes à tuteurs

Le système Thermafil® (Dentsply - Maillefer) :

- Principe : un tuteur en plastique de conicité 4% et de différents diamètres, muni d'une gorge latérale et d'un manche de préhension est enrobé de gutta en phase alpha. Un Verifier (lime en Ni-Ti -Profile) de conicité 4% permet de jauger le diamètre apical de fin de préparation et donc de choisir l'obturateur le plus approprié à LT- 1mm. Un cliché radiographique peut être pris Verifier en place. L'obturateur est préchauffé dans un four spécifique dédié à cet usage ; la gutta percha l'enrobant présente une basse viscosité et s'écoule. Une goutte de ciment de scellement est placée à l'entrée du canal, puis l'obturateur est inséré avec une poussée lente et continue. Il va ainsi sceller le canal, les canaux latéraux et les tubuli dentinaires.

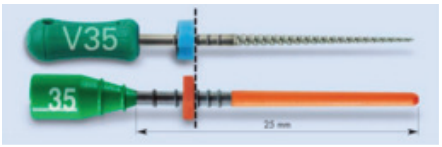


Figure 21 : Verifier et obturateur Thermafil ® (39)



Figure 22 : Four Thermaprep® (31)

- Matériau : gutta thermoplastifiée (phase α) sur tuteur plastique

- Matériel: obturateur Thermafil® (le tuteur enrobé de gutta), fraise Thermacut®, plugger, four Thermaprep®

- Technique: mise en place du ciment dans le canal, chauffage de l'obturateur sélectionné dans le four. Insertion de l'obturateur dans le canal en évitant les mouvements de rotation jusqu'à LT-1mm. A l'aide de la fraise Thermacut®, couper l'excédent de l'obturateur qui dépasse de l'entrée du canal. Et compacter verticalement tuteur et excès de gutta à froid avec un plugger

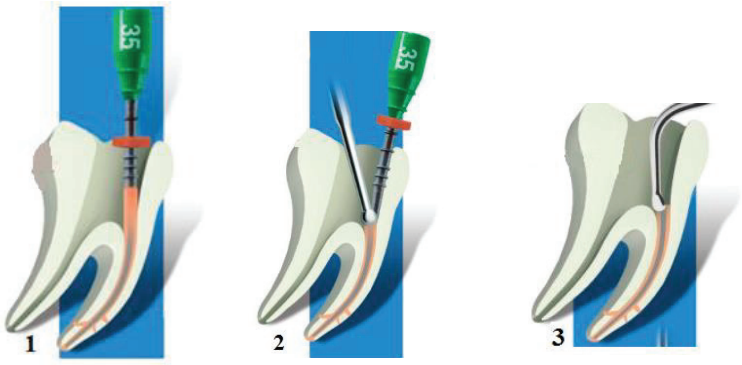


Figure 23 : Schéma montrant les étapes de la technique d'obturation au Thermafil® : (39)

1. Insertion de l'obturateur chauffé et enduit de ciment / 2. Tuteur coupé avec la Thermacut® / 3. Compactage

- Avantages : capacité de scellement élevée et excellente herméticité, obturation tridimensionnelle, gain de temps, apprentissage aisé, facilité d'utilisation dans les canaux courbes et longs

- Inconvénients : tendance à se rétracter lors du refroidissement. Il y a un risque de dépassement en cas de mauvaise conicité lors de la mise en forme. Aussi, le système peut être difficile d'emploi dans les canaux à bi ou tri-furcation ou dans les dents à canaux multiples avec des orifices étroits ou ovalaires dans une petite chambre pulpaire ou en présence d'apex ouverts et de résorptions externes ou internes sévères. Son prix élevé peut être un frein à son utilisation en pratique quotidienne. En cas de réintervention, il faut utiliser un solvant de la gutta et insérer un instrument rotatif NiTi dans la gorge du tuteur et le plus souvent il remonte. Si le tuteur dépasse la tâche est beaucoup plus difficile…

vii. L'injection de gutta chaude

- Principe : ce système utilise la gutta en phase alpha, de basse viscosité quand elle est réchauffée. Elle est injectée à l'aide d'aiguille d'argent à une température de 50 à 56°C (la cellule de chauffe monte à 160°C). Elle va venir remplir le 1/3 moyen et le tiers coronaire du canal. Le 1/3 coronaire doit être élargi pour permettre la pénétration de la pointe de la seringue dans le canal. Le ramollissement de la gutta est obtenu directement à partir de l'unité électrique de contrôle de la température reliée à la seringue, dans laquelle sera logée la gutta. La seringue est munie d'une aiguille d'injection en argent. Cette injection complète les techniques de compactage vertical à chaud de Schilder ou avec le System B® en constituant la phase de remontée ou phase ascendante. (Système Obtura® ou System B®). Elle peut être utilisée aussi à la suite de techniques d'apexification en 1 temps au MTA, pour le remplissage des parties moyenne et coronaires du canal dans les canaux larges des dents immatures.

- Matériau : gutta phase α

- Matériel : pistolet d'injection, cartouches de gutta, plugger, aiguilles d'argent

- Technique : élargissement du 1/3 coronaire du canal, chauffage de l'unité, mise en place de la canule dans le canal, injection.



Figure 24 : Pistolet d'injection de gutta chaude du System B® (38)



Figure 25 : Schéma montrant les étapes de la technique d'injection : (41)

La phase de descente a été réalisée / 1. Insertion de l'aiguille au contact de la gutta / 2. Injection dans les tiers moyen et coronaire du canal / 3. Compactage / 4. Contrôle radiographique de la phase de remontée.

- Avantages : technique simple et rapide (quelques secondes).

- Inconvénients : contrôle difficile de l'injection de gutta, dépassement ou bien obturation incomplète avec présence de bulles d'air.

De nombreux consensus convergent en la faveur des techniques de compactage vertical de gutta à chaud. La meilleure étanchéité semble être obtenue par l'association d'un ciment de scellement avec ces techniques (technique de Schilder, System B®)
Les voies de recherche et d'amélioration portent sur les qualités du ciment (activité biologique), du matériau de remplissage (expansion) ou bien sur l'utilisation d'outils tels que le laser qui trouve son application dans la stérilisation canalaire et qui permettrait également d'obtenir une fermeture de tous les tubuli par la fonte de la dentine.

Nous avons choisi de comparer deux techniques très différentes de par leurs principes et de par les matériaux mis en oeuvre il s'agit du compactage vertical de gutta percha à chaud en une vague (technique du System B®) et de la technique monocône avec le système CPoint®.

Une des propriétés intéressantes pour pouvoir comparer ces techniques entre elles peut être l'étanchéité, qui est dépendante des matériaux utilisés mais aussi des techniques d'après la littérature.

c. Les moyens d'évaluation de l'étanchéité

Est-il possible d'avoir une herméticité totale du réseau canalaire ? Il a été montré qu'une obturation canalaire incomplète est l'une des causes principales d'échec en endodontie. (5) D'après Wu et al, la percolation a lieu au niveau de l'interface entre la paroi canalaire et le complexe gutta percha-ciment endodontique (27) et peut permettre un passage de bactéries à l'origine d'une (ré)infection.

L'AAE définit la percolation apicale comme le mouvement de fluides tissulaires péri-radiculaires, de microorganismes et de leurs toxines à ce niveau.

Evaluer l'étanchéité apicale semble être un bon moyen d'apprécier la qualité des techniques d'obturation.

Avec quelles méthodes ?

Les tests *in vitro* reflètent-ils la réalité *in vivo* ? Quelle est la validité des résultats obtenus ? Il existe de nombreux tests. Lesquels sont les plus utilisés ? Les plus fiables ? Une revue de littérature s'est imposée pour tenter de répondre à ces questions.

Plusieurs méthodes d'évaluation de l'étanchéité ont été proposées et testées : l'imagerie radiographique ou 3D, la microscopie électronique à balayage (MEB), la microscopie confocale à balayage laser (MCBL), l'infiltration de colorants, de bactéries ou de radio-isotopes, la mesure des mouvements des fluides…
Laquelle choisir ?

i. L'imagerie

1. Le cliché rétroalvéolaire

Les critères radiologiques d'une bonne étanchéité apicale sont peuvent être recueillis le jour du soin, et lors des séances de réévaluation. On peut citer : l'absence de lésion périapicale, absence d'atteinte de furcation, niveau de l'obturation (pas de sous-obturation ou de dépassement), densité et homogénéité du matériau, comparaison avec le cliché post-opératoire daté du jour de l'obturation, absence de vides dans le matériau d'obturation.

2. L'imagerie 3D

Ce sont le micro-computerized tomography scan (micro-CT scan) *in vitro* (précision de 30 à 50 µm d'après les études de Peters (18) et Maret (11)) et le cone beam *in vivo* (précision de 200 à 700µm d'après Maret (11) qui permettent d'apprécier le caractère tridimensionnel de l'obturation, de localiser et quantifier les quantités de vide.

ii. Les tests de percolation apicale

1. Test de pénétration d'un colorant

Ce test a été très utilisé dans les études car facile à mettre en place. (14) (25)

- Principe : le colorant (à l'image d'agents pathogènes) va pénétrer dans les interstices non obturés et marquer les zones de percolation.

- Technique : Toute la dent sauf la zone apicale est protégée par un vernis. L'extrémité apicale des racines est immergée dans une solution contenant le colorant pendant une certaine durée. Le colorant va monter par capillarité ou diffusion, pénétrer et marquer les zones où l'étanchéité n'est pas réalisée entre les parois canalaires et le matériau. Les dents sont sectionnées (coupes longitudinales ou transversales) et les zones colorées sont ensuite visualisées par différentes techniques suivant les caractéristiques du colorant choisi (inspection visuelle, spectrophotométrie).

- Choix du colorant :

Le colorant employé doit être constitué de molécules suffisamment petites pour pénétrer un scellement non étanche. Il ne doit pas dénaturer la dent.

Le bleu de méthylène
- Avantages : son faible poids moléculaire et d'une meilleure pénétration au sein du système canalaire. (12)
- Inconvénients : ce produit est acide et déminéralise la dentine : l'infiltration est surévaluée. Problème de décoloration : au contact de certains produits le bleu de méthylène se transforme en une forme transparente qui n'est plus détectée : sous-évaluation. Problème de diminution de la coloration (réaction oxydo-réduction au contact des matériaux) : mesures erronées…

Autres colorants utilisés :
- L'encre de Chine
- Eosine
- Rhodamine B
- Bleu de Prusse (Porcion Brillant Blue)

Cette technique n'est plus recommandée car jugée trop peu fiable.



Figure 26 : Coupe longitudinale d'une dent marquée au bleu de méthylène (22)

2. *Test de pénétration de radio-isotopes*

C'est le même montage que le test de pénétration d'un colorant, à l'exception de la composition solution où sont immergées les dents. Elle contient ici des petites molécules marquées à l'aide d'isotopes radioactifs (iode 125 combiné à des lysozymes (petites protéines)). Elles diffusent plus rapidement que les molécules colorantes (7). On peut mesurer quantitativement et comparer les valeurs de radioactivité.

3. *Test de pénétration bactérienne*

Ici, on utilise un marqueur vivant : ce sont des bactéries de petite taille et très mobiles (*S. epidermidis* et *P. vulgaris* par exemple). Elles sont introduites au contact de la dent dans la partie coronaire, et l'on va rechercher leur présence dans la partie apicale après différents temps d'exposition.
Les études relatent un taux élevé de contamination. Une étude de Torabinejad montrait que 50% des canaux obturés étaient totalement contaminés au bout de 19 jours. (24)

4. *Test de pénétration de fluides sous pression*

On mesure le mouvement de fluides dans le canal. D'un côté, de l'eau est appliquée à faible pression contre la partie coronaire de la dent. De l'autre côté, un capillaire présentant une bulle d'air est placé à l'apex de la dent. La pression d'eau appliquée contre la dent va faire migrer les fluides dans les vides canalaires jusqu'au capillaire, ressortir de la dent et pousser la bulle d'air. La bulle de départ sera déplacée le long d'une réglette. (26)

Cette technique a l'avantage d'être reproductible et de ne pas détériorer l'échantillon.

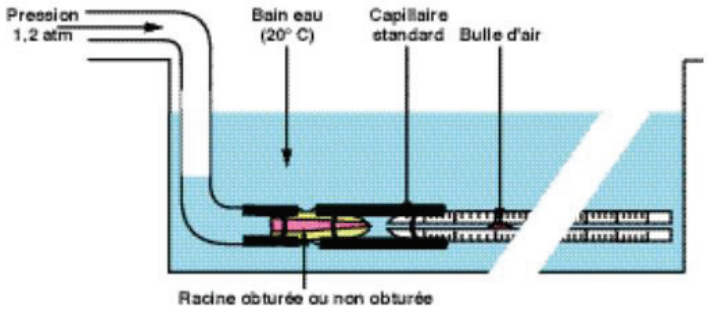


Figure 27 : Schéma du montage de test de pénétration de fluides sous pression (26)

iii. Le pourcentage de remplissage en gutta-percha, en ciment et en vide canalaire

Les dents sont sectionnées transversalement au niveau de l'apex que l'on désire étudier. La coupe obtenue est observée en microscopie (microscopie confocale à balayage laser (MCBL)). Sur les images acquises, et à l'aide d'un logiciel, on calcule les surfaces ou les volumes de gutta-percha, de ciment et de vide. Cet indice renseigne directement sur la présence de vides et permet de les quantifier.
Aussi, on peut calculer ces volumes à l'aide du micro CT-scan.

iv. La pénétration de ciment dans les tubuli dentinaires

Dans le ciment est incorporé un marqueur fluorescent, par exemple la rhodamine B. On va observer les coupes transversales d'une racine à différents niveaux (apical, moyen et coronaire) et noter la distance de la plus longue distance de pénétration dans les tubuli. Ce paramètre renseigne sur la caractéristique d'un ciment à diffuser dans la dentine ou la capacité d'une technique à « pousser » le ciment loin dans les tubuli. La présence de ciment dans les tubuli confirme le scellement de la partie correspondante du canal.
Les mesures doivent prendre en compte la physiologie de la dent. En effet, le niveau apical possède une densité plus faible de tubuli que le niveau moyen, lui-même inférieur au niveau coronaire du canal.

Le manque de calibration / standardisation des procédures explique le peu de reproductibilité des tests. L'équipe de De Moor (5) propose d'autres tests utilisés dans l'industrie qui peuvent trouver leur application dans la recherche médicale tels que la porosimétrie.

Actuellement, l'une des méthodes la plus fiable semble être l'appréciation des vides intracanalaires associée à la mesure de la diffusion du ciment dans les tubuli. Notre étude sera réalisée avec cette méthode et les observations seront faites sur ces paramètres.

Qu'est-ce que l'endodontie fondée sur la preuve ?

Elle se définit comme l'utilisation judicieuse des données les plus actuelles disponibles lors de la prise de décision concernant le soin à réaliser. La littérature sur un sujet se compose d'articles scientifiques, de recommandations et de guides traitant de la question. Le praticien va mêler les données issues de la recherche à son expérience clinique afin de proposer au patient le meilleur traitement possible.

L'objectif de la démarche est de faire le point sur les données actuelles de la science, et de guider le praticien dans ses choix devant l'essor de nouveaux systèmes / techniques / matériaux. Le but final est la qualité des traitements. Les informations doivent être considérées selon leurs niveaux de preuve. En voici une classification donnée par la HAS (2008) :

Niveau de preuve	Validité
Niveau 1	Preuve scientifique établie
Niveau 2	Présomption scientifique
Niveau 3	Faible niveau de preuve
Niveau 4	Faible niveau de preuve

Figure 28 : Tableau reliant niveau de preuve et validité scientifique

En France, la HAS a émis des recommandations en 2008 concernant l'endodontie, mais elles ne dépassent pas le niveau de preuve 4.
A l'international, on trouve des études de niveau de preuve 2 au fort impact scientifique, par exemple l'étude de Peng et al en 2007 : Outcome of root canal obturation by warm gutta-percha versus cold lateral condensation: a meta-analysis.

Pour réaliser la revue de littérature, nous n'avons pas pu retenir uniquement des études de niveaux de preuve élevés. Les articles sont pour la plupart à faible niveau de preuve. Nous avons dû nous contenter de réunir les articles d'après les mots clés.
Le but est d'avoir un œil critique et de relativiser les résultats en les comparant à ceux des autres études traitant du même sujet. C'est ce à quoi nous nous appliquerons lors de cet exercice.

2. Revue de littérature

a. Protocole

J'ai réalisé une recherche dans la littérature sur l'étanchéité apicale des techniques d'obturation étudiées : la technique monocône et le compactage vertical à chaud.

La recherche s'est effectuée sur les sites :

- Medline (Pubmed) http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed
- Cochrane http://www.cochranelibrary.com/
- Centre Français d'Evidence Based Dentistry https://cfebd.ups-tlse.fr/

- Evidence Based Endodontics literature database http://www.evidencebasedendo.com/
- Centre for Evidence Based Medicine http://www.cebm.net
- National Institute for Health and Clinical Excellence http://www.nice.org.uk/Guidance

Les mots-clés saisis étaient : étanchéité, ciment, obturation, gutta, technique, CPoint, endodontie, traitement canalaire, System B, microscopie confocale ; en Anglais : leakage, cement, endodontics, gutta, root canal treatment, obturation, filling, sealer, confocal microscopy. J'ai éliminé les articles non pertinents et datés de plus de 10 ans. 25 articles ont été retenus. Ils sont synthétisés dans les tableaux ci-après.

b. Etudes sur les techniques d'obturation

i. Importance de l'obturation

N°	Auteur / Revue / Année de publication	Technique d'obturation testée	Méthode	Résultats	Incidence clinique
I	Ng et al / International Endodontic Journal / 2010	Toutes techniques confondues	Revue de littérature, méta-analyse : survie des dents traitées endodontiquement	86 à 93% de survie à 10 ans. Facteurs positifs : restauration coronaire après l'obturation, points de contacts proximaux présents, dent non support de crochet / pilier de bridge, type de la dent (non molaire)	Traitement endodontique suivi d'une restauration coronaire ++
II	Gillen et al / Journal of Endodontics / 2011	Importance de la restauration coronaire VS qualité du traitement canalaire dans la guérison apicale	Revue de littérature, méta-analyse	● Etanchéité restauration coronaire +++ ● Qualité du traitement canalaire +++	Après un traitement endodontique, avoir une étanchéité coronaire +++ (composite, reconstitution corono-radicualire coulée ou foulée)

ii. Comparaison des matériaux de remplissage

N°	Auteur / Revue / Année de publication	Technique d'obturation testée	Méthode	Résultats	Incidence clinique
III	Warneke et al / Microbiology / 2007	Culture de bactéries dans différents milieux en présence de gutta-percha	Culture de bactéries en présence de gutta, observation en microscopie de cavités et détection de la production de CO2 (dégradation de la gutta).	Certaines bactéries sont capables de dégrader la gutta percha	Etre propre : champ opératoire, conditions d'asepsie, irrigation et désinfection. Prévention de la réinfiltration. Etanchéité coronaire.
IV	Maniglia-Ferreira et al / Brazilian Dental Journal / 2007	Dégradation de la gutta dans le temps	Prélèvement d'un échantillon de matériau d'obturation canalaire, solubilisation dans du chloroforme, filtration et centrifugation. Technique analytique GPC (chromatographie sur gel perméable) et FT-IR (Transformée de Fourier spectroscopie infrarouge).	Dégradation de la gutta après 15 ans, même en l'absence de lésion. Dégradation après 5 ans quand présence d'une lésion apicale.	Suivi régulier, autre matériau que la gutta ?
V	Li et al / Acta Biomaterialia / 2014	- Gutta, gutta pré-enduite (résine ou verre ionomère), polymère thermoplastique avec résine méthacrylate hybride, matériau à base de polycaprolactone, CPoint®, GP core® carrier (tuteur) - Plusieurs ciments (verre ionomère, base de résine	Revue de littérature	Recul clinique de la gutta percha. Pas assez de recul ou d'études pour apprécier les nouveaux matériaux.	Maniabilité et recul clinique de la gutta

		méthacrylate, résine époxy, oxyde de zinc eugénol, silicone (avec particules de gutta), silicate de calcium, MTA			
VI	Varun et al / Oral Health Dental Management / 2013	- Guttaflow ® (gutta fluide + ciment en 1), gutta thermoplastifiée - Compactage latéral	Dents immergées dans de l'encre pdt 48h, rendues translucides. Mesure de la pénétration du colorant examinée au stereomicroscope trioculaire.	Guttaflow ® > gutta thermoplastifiée	Simplification technique / nb de produits
VII	Jain et al / Indian Journal of Dental Research / 2014	- Gutta-percha, guttaflow ® (gutta fluide + ciment en 1produit) - Ciment RoekoSeal® (base silicone) (avec la gutta)	Evaluation de l'étanchéité via l'absorption de lumière par spectrophotométrie.	RoekoSeal ® et gutta percha+++	Nouveau ciment
VIII	Didato et al / Journal of Dentistry / 2013	Gutta-percha, CPoint®	Mesure de l'expansion latérale des cônes à sec, puis après hydratation à 20, 40 mn, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 et 24h ; à 5 10 et 15mm de l'apex.	Expansion du CPoint® jusqu'à 14,6% après 20 min Gutta : aucune expansion	Sécher le canal ? Système CPoint® pour remplacer la gutta ?
IX	Cavenago et al / Brazilian Dental Journal / 2012	- 2 matériaux : gutta-percha et Resilon® (polymères thermoplastiques) - Techniques monocône et System B® - Ciments : résine époxy et ciment auto-adhésif	Ciment marqué à la rhodamine B. Coupes transversales à 2, 4, 6 mm de l'apex. Etude au microscope confocale de l'adaptation marginale des ciments.	Vides observés chez les groupes Resilon ® ++ Pas de différence dans l'absence des vides entre les 2 techniques La meilleure adaptation est obtenue par gutta-percha / ciment résine époxy, que ce soit avec la technique monocône ou avec le System B®	Gutta percha et ciment résine époxy toujours d'actualité. Technique monocône valable

X	Eid et al / Journal of Endodontics / 2013	CPoint®, gutta-percha	Viabilité de cellules pseudo-odontoblastique évaluée par réaction au bromide, cytométrie en flux et MCBL en présence du matériau. Potentiel de minéralisation de la lignée évaluée par la quantité d'expression des gènes, activité de la phosphatase alcaline, réaction à l'Alizarine rouge S, microscopie électronique à transmission.	CPoint® = gutta-percha = +++	Nouveau matériau d'obturation CPoint® est biocompatible
XI	Li et al / Journal of Dentistry / 2014	- Guttacore® (obturateur à coeur de gutta-percha réticulée) - Compactage latéral, compactage vertical - Avec le même ciment	Micro-CT scan et analyse du pourcentage en volume de vide à 4, 8 et 12 mm de la LT (coupes horizontales, analyse en MCBL	Guttacore ®: bon résultats Compactage vertical ++	Eviter le compactage latéral
XII	Selem et al/ Journal of Endodontics / 2014	- Gutta-percha, système d'obturation sans gutta-percha (polymères élastomériques, polypropylène thermoplastique) - Compactage latéral, compactage vertical à chaud	Scan (micro-CT) et analyse du pourcentage de volume de vide à 4, 8 et 12 mm de la LT (coupes horizontales). Calcul du pourcentage de vide circonférentiel à l'interface, et du vide intracanalaire.	Système sans gutta-percha (polymères élastomériques, polypropylène thermoplastique) + Compactage vertical à chaud +++	Nouveau matériau valable

XIII	Economides et al / Odontology / 2011	- Gutta-percha / AH 26® - Smartpoint ® (cœur polymère, revêtement hydrophile) / Smartseal® (résine époxy-amine) - Technique monocône, compactage latéral	2 échantillons sont prélevés dans chaque racine. La force d'adhésion est mesurée à l'aide du test de push-out	Smartseal® + Smartpoint® = Gutta-percha + AH-26®	Simplification technique d'obturation (monocône, compactage latéral)
XIV	Emery et al / Revue d'Odonto-Stomatologie / 2002	- Thermafil® (tuteur plastique enrobé de gutta), gutta thermoplastique injectée - Compactage latéral à froid, compactage vertical à chaud - Différents ciments	Revue de littérature : tests d'étanchéité. Pénétration d'un colorant, de radio-isotopes, mesure des fluides sous pression, pénétration bactérienne,	● Compactage latéral, gutta percha injectée - - ● Compactage vertical à chaud, Thermafil ®++	Gutta compactée à chaud, Thermafil® (tuteur) ++
XV	Hari et al / Research and Reviews : Journal of Dental Sciences / 2014	- CPoint® - Ciment biocéramique	Revue de littérature	Expansion terminée dans les 4h post-opératoire, biocompatible	Technique monocône (gain de temps, facilité), système sans gutta
XVI	Castelo-Baz et al / Australian Endodontic Journal / 2013	- GuttaPercha / Pulp Canal Sealer® - System B®, Thermafil® - Resilon ®/ Real Seal®, System B® - Real Seal 1® / Real Seal®	Evaluation des vides canalaires observés au MCBL	Pas de différence significative entre les techniques dans les 1/3 moyen et apical	La capacité de scellement de ce nouveau matériau (Resilon®) n'est pas supérieure à celle des matériaux existants.

iii. Comparaison des techniques

N°	Auteur / Revue / Année de publication	Technique d'obturation testée	Méthode	Résultats	Incidence clinique
XI	Li et al / Journal of Dentistry / 2014	- Guttacore® (obturateur à coeur de gutta-percha réticulée) - Compactage latéral, Compactage vertical - Avec le même ciment	Micro-CT scan et analyse du pourcentage en volume de vide à 4, 8 et 12 mm de la LT (coupes horizontales, analyse au MCBL)	Guttacore®: bon résultats Compactage vertical++	Eviter le compactage latéral. Compactage vertical++
XII	Selem et al/ Journal of Endodontics / 2014	- Gutta-percha, système d'obturation sans gutta-percha (polymères élastomériques, polypropylène thermoplastique) - Compactage latéral, compactage vertical à chaud	Micro-CT scan et analyse du pourcentage de volume de vide à 4, 8 et 12 mm de la LT (coupes horizontales). Calcul du pourcentage de vide circonférentiel à l'interface, et du vide intracanalaire	Système sans gutta-percha (polymères élastomériques, polypropylène thermoplastique) + Compactage vertical à chaud +++	Compactage vertical à chaud +++
XIV	Emery et al / Revue d'Odonto-Stomatologie / 2002	- Thermafil® (tuteur plastique enrobé de gutta), gutta thermoplastique injectée - Compactage latéral à froid, compactage vertical à chaud - Différents ciments	Revue de littérature : tests d'étanchéité. Pénétration d'un colorant, de radio-isotopes, mesure des fluides sous pression, pénétration bactérienne	Compactage latéral, gutta percha injectée - - Compactage vertical à chaud, Thermafil ++	Gutta compactée à chaud, Thermafil® (tuteur) ++
XVII	Keles et al / International Endodontic Journal /2014	- Compactage latéral, Compactage vertical à chaud - Gutta-percha	Micro-CT scan, calcul en pourcentage du volume obturé, et du vide intracanalaire.	Compactage vertical à chaud de gutta-percha+++	Apprentissage du compactage vertical à chaud
XVIII	Setya et al/ Journal of International Society of	- Monocône, compactage latéral, compactage vertical	Coupes horizontales à 3 et 6mm de l'apex. Observation au	Tubliseal ® +++ Technique monocône +++	Simplification de la technique d'obturation

	Preventive and Community Dentistry /2014	- Avec 3 ciments différents	microscope et analyseur d'image. Calcul du pourcentage de la surface de ciment périphérique à la gutta.		
XIX	Samiei et al / Journal of Dental Research Dental Clinics Dental Prospects/ 2014	- Gutta-percha -Compactage latéral, technique monocône - 3 ciments (AH26®, MTA, CEM (calcium))	Evaluation de l'infiltration bactérienne à 60 j	Monocône +++ MTA et CEM +++	Simplification de la technique
XX	Haute Autorité de Santé / 2008	Technique monocône, compactage latéral à froid, compactage vertical à chaud	Revue de littérature + avis d'experts (groupe de travail)	Pas de technique supérieure. Respect du protocole. Gutta percha ++	Utiliser ce que l'on maîtrise (habileté, protocole)
XXI	Marciano et al / International Endodontic Journal / 2011	- Gutta-percha - Technique monocône, compactage latéral, Thermafil®, System B®	Le ciment est marqué à la rhodamine B. Analyse au MCBL. Calcul du pourcentage de remplissage de gutta-percha, de ciment, et de vide à 2, 4 et 6mm de l'apex (coupes horizontales)	Thermafil® et System B® +++	Compactage vertical à chaud
XXII	DeLong et al/ Journal of Endodontics / 2015	- Technique monocône, technique thermoplastique (vague continue) - 2 ciments à base de silicate de calcium	Racines coupées en tranches de 1,0 mm d'épaisseur. Force de liaison mesurée à l'aide d'un test push-out. Inspection avec aide visuelle.	Technique monocône +++ Fracture cohésive ++	Simplifier la technique d'obturation
XXIII	Peng et al / Journal of Endodontics / 2007	Technique de compactage vertical à chaud, compactage latéral à froid	Méta-analyse	Technique de gutta chaude = risque de dépassement apical. Pas de différence au niveau des douleurs post-opératoires, qualité de l'obturation, succès au long terme.	- Remise en cause des techniques de gutta chaude - Compactage latéral à froid ++

XXIV	Rossetto et al / Brazilian Dental Journal / 2014	- Gutta-percha - Ciment AH Plus® - 3 techniques de compactage latéral: manuelle, mécanique, ultrasonique	Ciment marqué à la rhodamine B. Temps de travail chronométré. Coupes transversales à 2, 4, 6 mm de l'apex. Etude au microscope confocale des pourcentages de gutta-percha, de ciment, de vide et du périmètre de dentine pénétré par le ciment.	Mécanique : rapide ++ Pas de différence du périmètre de dentine pénétrée par le ciment En technique mécanique : plus de gutta et moins de ciment comparé à la technique manuelle à 4mm Toutes les techniques comprenaient des vides intra-canalaires.	Méthode mécanique + + mais remise en cause de la technique de Compactage latéral car présence de vides
IX	Cavenago et al / Brazilian Dental Journal / 2012	- 2 matériaux : gutta-percha et Resilon® (polymères thermoplastiques) - Techniques monocône et System B® - Ciments : résine époxy et ciment auto-adhésif	Ciment marqué à la rhodamine B. Coupes transversales à 2, 4, 6 mm de l'apex. Etude au MCBL de l'adaptation marginale des ciments.	Resilon ® : vides ++ Moins de vides chez les groupes gutta-percha. La meilleure adaptation est obtenue par gutta-percha / ciment résine époxy, quelle que soit la technique	Gutta percha et ciment résine époxy toujours d'actualité. Technique monocône valable
XXV	Kok et al / Microscopy research and technique / 2012	- Gutta percha - Ciment résine époxy - 3 techniques différentes: monocône, compactage latéral à froid, Thermafil®	Ciment marqué à la rhodamine B. Coupe transversale à 4 mm. Etude au MCBL.	Moins de ciment et plus de gutta avec la technique Thermafil ® vides ++ à l'apex. Pas de différence au niveau de diffusion du ciment dans la dentine, périmètre du ciment intègre dans tous les groupes, épaisseur de ciment plus fine dans le groupe Thermafil®	Thermafil® ++

c. Synthèse

Le taux de survie d'une dent après traitement endodontique non chirurgical (constaté de + 2 ans à + 10 ans post-traitement) varie de 86% à 93%. (I)

Le matériau :

La gutta percha est le matériau de référence pour le cœur de l'obturation. Mais elle montre ses limites en termes d'étanchéité et de stabilité dimensionnelle dans le temps :

- En 2007, une étude microbiologique rapporte pour la première fois une dégradation *in vitro* de la gutta-percha par des micro-organismes. (III)
- Il est démontré que le vieillissement (la dégradation dans le temps) de la gutta-percha est un facteur important pour le succès à long terme du traitement endodontique. A 15 ans, la perte de substance pourrait diminuer le volume de remplissage de l'obturation. (IV)

De nouveaux matériaux viennent étoffer l'artillerie du praticien avec des qualités qui ont fait leur preuve :

- Les systèmes utilisant de la gutta sous différentes formes :

- Le système GuttaCore® (obturateur à coeur de gutta-percha réticulée) a montré le taux le plus faible de vides (sans différence significative avec le compactage vertical à chaud de gutta-percha) comparé au compactage latéral à froid de gutta-percha. (XI)
- Les techniques de gutta injectée semblent donner de mauvais résultats lors des tests de pénétration selon Emery. (XIV)
- Le système Guttaflow® qui propose une gutta fluide et un ciment « tout-en-un » donne de meilleurs résultats que la gutta thermoplastifiée en matière de perméabilité (étude de Varun 2013 (VI)) mais ne réussit pas à détrôner l'association gutta-percha – ciment Roekoseal® (base de silicone) (étude de Jain 2014 (VII)).

- Les matériaux sans gutta percha :

- Les cônes de polymères hydrophiles à expansion de prise :

- La biocompatibilité testée *in vitro* du CPoint® est comparable à celle de la gutta-percha (X). Hari et al affirment de nouveau cette biocompatibilité en 2014 (XV).
- Didato mesure une expansion de prise maximale de 15,6% pour le Cpoint® (VIII). Même si c'est en dessous du chiffre de 20% annoncé par le fabricant, cette augmentation de volume réalise-t-elle une meilleure étanchéité ?
- En 2011, Economides trouve qu'il n'y a pas de différence d'adhésion à la dentine entre l'obturation avec le système Smartseal® (cônes polymères hydrophiles et ciment à base résine) et l'obturation à la gutta-percha / AH-26® (ciment à base

résine), que ce soit en technique monocône ou en technique de compactage latéral à froid (XIII).

- Les autres matériaux :

- Un système d'obturation sans gutta-percha (contenant des polymères élastomériques et du polypropylène thermoplastique) associé à la technique de compactage vertical à chaud a réussi à remplir les objectifs d'une bonne obturation tridimensionnelle avec des résultats comparables à ceux obtenus avec la gutta-percha et un ciment d'obturation canalaire en compactage vertical à chaud (XII).
- Cavenago et al étudient 2 matériaux (gutta-percha et Resilon® polymère thermoplastique) avec 2 ciments (résine-époxy et ciment auto-adhésif), et 2 techniques (monocône et System B®) la meilleure adaptation est obtenue par la gutta-percha associée au ciment résine époxy, valable en technique monocône ou avec le System B® (IX). De même, Castelo-Baz observe des résultats décevants de Resilon® (XVI).

Néanmoins, lors d'une revue de littérature en 2014, Li et al affirment qu'il est trop tôt pour pouvoir apprécier ou non les nouveaux matériaux d'obturation, par opposition à la gutta-percha qui reste le matériau fiable, stable, facilement manipulable et qui présente un long recul clinique. (V)

La technique :

Les techniques de compactage vertical à chaud obtiennent d'excellents résultats :

- Il a été longtemps admis que le compactage à chaud de gutta-percha était la technique conduisant à une obturation radiculaire de meilleure qualité (XIV). De nombreuses études vont dans ce sens.
- La technique de compactage vertical à chaud a obtenu un plus grand taux de remplissage canalaire de gutta-percha, et un pourcentage de vide inférieur à ceux obtenus avec la technique de compactage latéral à froid (résultats significatifs) dans l'étude de Keles (XVII).
- Monticelli et al comparent la pénétration bactérienne après obturation utilisant le compactage vertical à chaud avec Gutta/AHPlus®, la technique monocône avec ActivGP®, et la technique monocône avec GuttaFlow®. La pénétration est plus importante sur les échantillons obturés par technique monocône, surtout si le canal a une forme irrégulière (15).

D'autres techniques montrent des résultats encourageants :

- L'étude de Kok et al a montré une épaisseur plus fine de ciment et davantage de gutta chez les dents obturées à l'aide du système Thermafil® (tuteur + gutta phase α) comparé aux techniques d'obturation monocône et de compactage latéral à froid (XXV).
- Les résultats à 2mm révèlent des pourcentages de gutta-percha, de ciment et de vides similaires entre le System B®, le compactage latéral et la technique monocône. Aussi, la technique monocône présente significativement moins de

gutta-percha, plus de ciment et de vides comparé au Thermafil® à 2 et 4 mm. A 6 mm, Thermafil® et System B® présentent plus de gutta-percha, moins de ciment et de vides que le compactage latéral et la technique monocône (XXI).

- Rossetto et al étudient différentes variantes de la technique de compactage latéral en proposant une variante mécanisée, une manuelle et une ultrasonique : la technique mécanique donne les meilleurs résultats. Mais quelle que soit la variante, il y a présence de vides canalaires (XXIV).

On remarque que la technique monocône est souvent testée dans les études et suscite l'intérêt de par sa simplicité d'exécution et ses résultats plutôt satisfaisants comparée à la technique de compactage latéral à froid:

- Dans l'étude de Setya, la technique monocône a montré le plus grand pourcentage de surface de ciment périphérique (PSCP), par rapport aux techniques de compactage latéral ou vertical (XVIII).
- Pour Samiei, la technique d'obturation monocône avec de la gutta-percha bien ajustée et un ciment à base de MTA et CEM est une alternative valable à la technique de compactage latéral traditionnel (XIX).

Remise en question :

On peut remarquer que les études sont nombreuses mais toutes n'arrivent pas aux mêmes conclusions. Les résultats sont très dépendants des auteurs et des méthodes d'évaluation. Par exemple, l'étude d'étanchéité *in vitro* d'Arash montre que les facteurs « technique d'obturation» ou « type de ciment » n'ont pas d'effet significatif sur le traitement (1).

Aussi, des études microbiologiques déduisent que lors de l'exposition d'une obturation canalaire dans la cavité orale, quelle que soit la technique utilisée, les matériaux d'obturation canalaire ne peuvent pas bloquer la pénétration bactérienne. Pour pouvoir comparer ces techniques entre elles, il faut pouvoir raisonner et comparer à la fois les qualités en terme d'étanchéité mais aussi en terme de succès (guérison). En 2007, Gulabivala réalise une revue de littérature sur plus de 80 ans de traitements endodontiques et en vient à la conclusion que les taux de succès ne se sont pas améliorés durant les 50 dernières années (16).
Il n'est pas prouvé que les techniques de compactage à chaud soient meilleures que la technique de compactage latéral à froid car le risque de dépassement de matériau est élevé avec la première. C'est ce que conclut la méta-analyse de Peng. Il n'y a pas de différence au niveau de la douleur post-opératoire, la qualité de l'obturation, et la survenue d'évènements au long terme entre les deux techniques (XXIII).

De même, pour la HAS, il n'y a pas de conclusion suffisamment valide sur la supériorité d'une technique de compactage de la gutta par rapport à une autre (latérale à froid versus verticale à chaud) (XX).

Enfin, Ng dans sa revue de littérature sur dents *in vivo* (I), relativise l'importance de l'étanchéité apicale en affirmant que l'étanchéité de l'obturation coronaire influencerait davantage le succès ou l'échec du traitement.

L’association de la technique de compactage vertical à chaud (technique de Schilder, System B®) et d’un ciment à base de résine époxy semble donner les meilleurs résultats. On note les très bons résultats du système CPoint® (sans gutta-percha) et des ciments biocéramiques (SmartPasteBio®). Ces nouveaux produits sont faciles d’utilisation (technique monocône) et viennent simplifier les protocoles d’obturation. Ils apportent confort et gain de temps au praticien. Mais il n’y a que peu de recul, et les quelques études sont-elles suffisantes pour confirmer leur supériorité ?

La méthode d’évaluation de l’étanchéité la plus couramment utilisée dans les études anciennes est la pénétration de colorant (bleu de méthylène), mais ce n’est cependant pas la plus fiable. Pour l’appréciation des techniques d’obturation, le moyen d’évaluation la plus adaptée consiste en l’appréciation des vides canalaires sous MCBL. C’est la méthode d’évaluation que nous allons appliquer dans notre étude

3. Etude

Cette étude a été scindée et sera traitée dans deux thèses distinctes, l'une sur l'évaluation de 2 techniques d'obturation canalaire, l'autre sur les ciments de scellement. Les résultats seront croisés pour tenter de montrer la meilleure association technique / ciment. .

a. Intérêt et objectif

Devant l'essor de nouvelles techniques, nouveaux protocoles ou nouveaux matériaux, le praticien manque de littérature pour le guider dans ses choix.

Notre étude a pour objectif de comparer l'étanchéité apicale *in vitro* de 2 techniques d'obturation canalaire, et de 2 ciments de scellement. Ici ne sera traitée que l'évaluation des techniques d'obturation, à savoir : la technique monocône du système Cpoint® comparée au compactage vertical à chaud en une phase du SystemB®.

b. Matériel et méthode

Recueil des dents

40 dents humaines monoradiculées, permanentes, adultes, sans courbure marquée, extraites pour des raisons parodontales, orthodontiques ou prothétiques ont été sélectionnées pour ces travaux. Cette étude sera croisée à l'influence que peut avoir le ciment de scellement sur la qualité de l'obturation selon les techniques de remplissage canalaire. Ainsi deux thèses seront soutenues: l'une comparant la nouvelle technique d'obturation CPoint® à la technique classique du System B® avec 2 ciments canalaires différents (cette thèse) ; l'autre comparant un nouveau ciment à base de biocéramique SmartPaste Bio® avec un ciment classique à base de résine époxy AH Plus®.

Des dents de même longueur de travail ont été sélectionnées et conservées dans une solution de paraformaldéhyde tamponnée à 4% avant l'étude: cette longueur radiculaire standard de 16mm été obtenue par section des dents coronairement à 16mm de l'apex avec une fraise diamantée cylindro-conique sur turbine pour supprimer cette variable au niveau de la mise en forme.
L'expérience a été réalisée par deux étudiantes en 6ème année d'odontologie.
Deux radiographies préopératoires ont été prises pour chaque dent dans les directions bucco-linguale et mésio-distale afin de vérifier l'anatomie canalaire et l'intégrité de la lumière canalaire.

Préparation canalaire

- Préparation manuelle

L'ouverture du canal a été réalisée sous irrigation au NaOCl (2,6%), puis le cathétérisme a été effectué avec une lime de pénétration K n°10 pour vérifier la perméabilité et la trajectoire canalaire (certaines dents ont nécessité l'utilisation préalable d'une lime K n°8), et la longueur de travail (LT) a été déterminée en enlevant 0,5mm à la longueur visuelle (donc à 15,5mm).
Puis le canal a de nouveau été irrigué avec 1mL de NaOCl avant et après le passage d'une lime K n°15 à la LT.

- Préparation mécanique

Chaque canal a été évasé en cervical à l'aide d'un Opener (Komet, 25/100ème, conicité 34%) passé à l'entrée du canal (stop placé à 3mm), avec appui pariétal (utilisation d'un instrument pour 4 dents).
Puis le canal a été irrigué avec 1mL de NaOCl, et la lime de perméabilité K n°10 passée à LT+1mm.
Tous les échantillons ont ensuite été préparés avec le système F360® (Komet), avec un instrument unique (35/100ème, 4%) utilisé en technique de crown-down en 3 vagues :
- tiers coronaire (5mm) avec appui pariétal,
- tiers moyen (12mm) avec appui pariétal,
- tiers apical (à LT) en picking-motion (mouvement de va-et-vient jusqu'à la LT sans appui pariétal), avec nettoyage de l'instrument à l'aide d'une compresse stérile entre chaque passage.

L'irrigation avec 1mL de NaOCl suivie du passage de la lime de perméabilité (lime K n°10 à LT + 1mm) ont été réalisés entre chaque vague, et l'instrument nettoyé avec une compresse entre chaque passage.
Certaines dents ont nécessité un passage supplémentaire du F360® pour atteindre la LT avec 1mL d'irrigation supplémentaire et passage de la lime de perméabilité.

Jaugeage du diamètre apical

Le jaugeage a été réalisé pour toutes les dents avec la lime apicale maîtresse (lime K n°35): en cas d'apex explosé ou plus large initialement, les dents ont été recalibrées et les échantillons répertoriés: 6 dents ont été re-calibrées à un diamètre 40, et 4 dents à 45.
Les dents ont ensuite été conservées dans une solution de formaldéhyde tamponnée à 4%.

Essayage clinique (tug-back + contrôle visuel)

- du maître cône à la LT (35/100ème, 4%) et des fouloirs à LT-4mm: pour les groupes obturés au SystemB®
- du Verifier à LT (35/100ème, 4%) : pour les groupes obturés au CPoint®

Irrigation finale

Le protocole d'irrigation finale utilisé est le suivant:

- on a laissé agir pendant 1 minute 1mL d'acide éthylène diamine tétra-acétique (EDTA) liquide (Salvizol EDTA utilisé : à base d'acide édétique à 8% sous forme de sel dihémipotassique, et de chlorure de myristalkonium)
- puis la lime de perméabilité a été passée, avant de réaliser une agitation à l'aide d'une lime ultrasonore pendant 1min à LT-2mm
- puis on a utilisé 2mL de NaOCl à 2.6%, avec comme précédemment passage de la lime de perméabilité et agitation ultrasonore pendant 1min à LT-2mm, et de nouveau irrigation avec 2mL de NaOCl
- enfin on a rincé avec 2mL d'eau stérile pour éliminer tout risque d'interaction avec les ciments d'obturation.

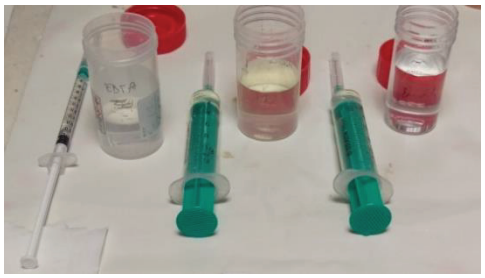


Figure 29 : Seringues d'irrigation



Figure 30 : Passage de la lime ultrasonore lors du protocole d'irrigation

Séchage

Les canaux ont ensuite été séchés avec des pointes de papier stériles calibrées à la longueur de travail (2 pointes de papier utilisées par dent).

Techniques d'obturation et sélection des groupes

Mlle Balbi et moi nous sommes réparti de façon aléatoire les échantillons, tant pour leur mise en forme canalaire que pour l'obturation. Ainsi, les biais liés au même opérateur sont écartés.

Les échantillons ont été divisés aléatoirement en quatre groupes expérimentaux pour chaque thèse, basés sur deux techniques d'obturation différentes en utilisant deux ciments différents.

Pour permettre la visualisation sous microscope, tous les ciments ont été mélangés à un fluorophore organique: la rhodamine B, de concentration 0.1% (en accord avec les études de D'Alpinho et al. 2006 (4) et Marciano et al. 2011 (10)), hydrosoluble afin de permettre le mélange avec les ciments.

- Obturation du groupe 1 : obturation avec CPoint ® et SmartPaste Bio®

Le ciment et la Rhodamine B ont été mélangés.

Les cônes CPoint® ont été pré-coupés coronairement à l'aide d'un bistouri à -2mm avant la mise en place dans le canal pour conserver une place pour la boulette de coton et l'obturation coronaire.

La moitié de la longueur du CPoint® a été badigeonnée du mélange ciment-rhodamine B, puis le CPoint® enduit a été mis en place dans le canal en 3 mouvements de pompage. Puis une boulette de coton humidifiée avec de l'eau stérile a été placée en coronaire, et chaque canal obturé coronairement avec un Cavit® (3M ESPE), afin d'assurer l'étanchéité coronaire.
Les dents obturées ont été conservées à 37°C dans une atmosphère humide (à l'étuve) à l'abri de la lumière dans un récipient pendant 3 jours, pour assurer la prise du ciment endodontique.

- Obturation du groupe 2 : obturation avec CPoint® et AH Plus®

Le même protocole que pour le groupe 1 a été suivi en remplaçant le ciment à base de biocéramique par AH Plus®.

- Obturation du groupe 3 : obturation au SystemB®, Gutta Percha et SmartPaste Bio®

Le ciment et la rhodamine B ont été mélangés.
Les 5 derniers millimètres du cône de Gutta ont été badigeonnés du mélange ciment-rhodamine B, puis le maître-cône enduit a été mis en place dans le canal en 3 mouvements de pompage.
Le cône a ensuite été sectionné à chaud à l'entrée du canal à l'aide du fouloir chauffant du SystemB®, et un « plateau coronaire » formé par compactage avec un fouloir manuel.
Le fouloir du SystemB® a été descendu en chauffant jusqu'à 1mm du stop en une ou deux fois, puis maintenu sans chaleur pendant 10secondes, ensuite le fouloir a été descendu jusqu'au stop en chauffant si possible et retiré à froid contre une paroi, et la Gutta compactée et rassemblée avec un fouloir manuel.
La phase de remontée a été ensuite réalisée par injection de Gutta chaude (200°C) en une ou deux étapes, suivie d'un compactage avec un fouloir manuel, et un Cavit® a été placé en coronaire.
Les dents obturées ont été conservées à 37°C dans une atmosphère humide à l'abri de la lumière dans un récipient pendant 3 jours.

- Obturation du groupe 4 : obturation au SystemB®, Gutta Percha et AH Plus®

Le même protocole que pour le groupe 3 a été suivi en remplaçant le ciment à base de biocéramique par AH Plus®.

Quatre dents témoins ont été obturées sans rhodamine (avec CPoint® / AHPlus®, CPoint® / SmartPaste Bio®, au SystemB® / AH Plus® et au SystemB® / SmartPaste Bio®), afin de tester une éventuelle auto-fluorescence de la dentine.

Sections et analyses au microscope

Inclusion dans la résine:

De la cire à boxer calibrée à 0.7mm a été mise en place pour fixer les dents coronairement dans des pots (2 à 4 dents par pot, mélange de dents préparées par les deux étudiantes), soit 3 pots par groupe, soit 12 pots au total).
Puis les dents ont été incluses dans la résine (prise de la résine époxy en 6h) et les pots laissés 3jours à température ambiante.



Figure 31 : Les racines sont mises en place dans le socle à l'aide de cire, puis recouvertes de résine



Figure 32 : Cylindre de résine après démoulage

Coupes et polissage

Les dents ont été coupées perpendiculairement à l'axe de la racine à 2mm de l'apex à l'aide d'une tronçonneuse de précision (épaisseur d'environ 0,3mm du disque prise en compte lors des coupes), puis les coupes à 2mm polies sur une machine à polir sur 3 disques de granulométrie décroissante avec un vernis à polir approprié de 3, 1 et 0,1microns.
Deux autres coupes ont été réalisées à 5mm et 9mm, puis polies comme précédemment décrit.
Les faces polies des coupes (vue apicale) ont été marquées ainsi que les échantillons par un point et un trait respectivement.



Figure 33 : Porte-objet et scie circulaire



Figure 34 : Machine à polir (avec disque et vernis à polir)

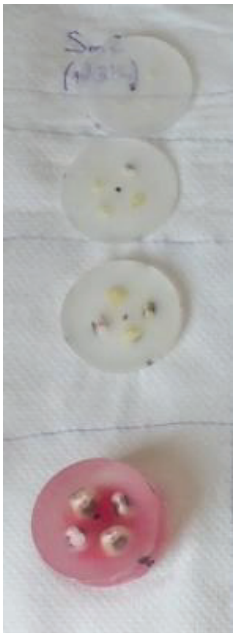


Figure 35 : Coupes obtenues

Les échantillons ont été nettoyés dans un bac à ultrasons pendant 1minute à 45°C, puis ont été conservés dans des bocaux à l'abri de la lumière et à -4°C afin de conserver la fluorescence de la rhodamine B.



Figure 36 : Bac à ultrasons

Analyses au microscope

Tous les échantillons ont été examinés sous microscopie confocale à balayage laser (microscope inversé Zeiss LSM 710), et les mesures à chaque niveau des longueurs de pénétration de ciment dans les tubuli dentinaires, et de la quantité de vides à 2mm (mesure des aires de vides et de l'aire totale du canal, et calcul du pourcentage de vides) ont été réalisées à l'aide du logiciel de traitement d'images Fiji et répertoriées sur un tableau Excel.

Un laser solide DPSS (diode pumped solid state) à 561nm a été utilisé comme source de lumière pour exciter la rhodamine, et les images ont été enregistrées à un grossissement x10 avec une ouverture numérique de 0,45.



Figure 37 : MCBL



Figure 38 : Acquisition de l'image

Tests statistiques

Pour la plupart des analyses réalisées, les tests statistiques utilisés sont le test ANOVA et post-hoc, ainsi que les tests complémentaires de Kruskal-Wallis et de Mann-Whitney pour réaliser des analyses intra-groupes et intergroupes. L'erreur de type alpha a été fixée à 0,05.

L'hypothèse d'étanchéité est l'hypothèse selon laquelle la longueur de pénétration de ciment intra-tubulaire doit être la plus importante possible, et l'aire de vides canalaires la moins importante possible.

c. Résultats

Les tableaux des valeurs mesurées des volumes obturés, des vides canalaires à 2 mm, et de la longueur de pénétration de ciment dans les tubuli à 2mm, 5mm et 9 mm sont situés en annexe (Annexes 1, 2 et 3)

Les tests non paramétriques ANOVA (PLSD de Fisher) et post-hoc ont été appliqués. Les tests de Kruskal et Wallis, et de Mann-Whitney permettent les comparaisons entre les groupes puis deux à deux.

Comparaison de la pénétration de ciment par rapport à la technique :

Il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les groupes CPoint® et SystemB® à 2mm, 5 mm et 9 mm ($p>0,05$) (figure 43). Ceci peut s'expliquer par les valeurs importantes des écart-types. On peut supposer qu'il n'y a pas d'impact de la technique sur les résultats observés.

A 2 mm, les moyennes de pénétration du ciment sont similaires avec des écart-types importants de l'ordre de la valeur de la moyenne (figure 39). Les deux techniques sont équivalentes en terme de pénétration de ciment dans les tubuli, et peuvent être qualifiées toutes deux d'irrégulières ou peu reproductibles au vu des grandes valeurs des écart-types.

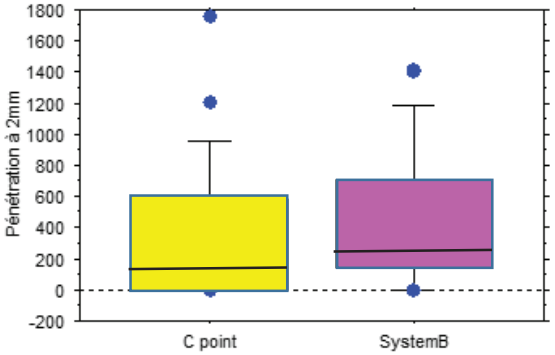


Figure 39: Histogramme en boîtes montrant les mesures de longueurs de pénétration de ciment à 2mm

A 5 mm, le CPoint® présente une pénétration légèrement plus importante (même si résultat non significatif), mais ceci est une fois de plus à relativiser au vu des grandes valeurs des écart-types (figure 40).

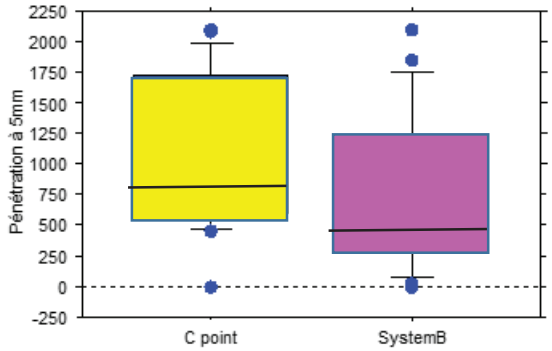


Figure 40 : Histogramme en boîtes montrant les mesures de longueurs de pénétration de ciment à 5mm

A 9 mm : Les moyennes de pénétration des deux techniques sont très proches, ainsi que leurs écarts-types.

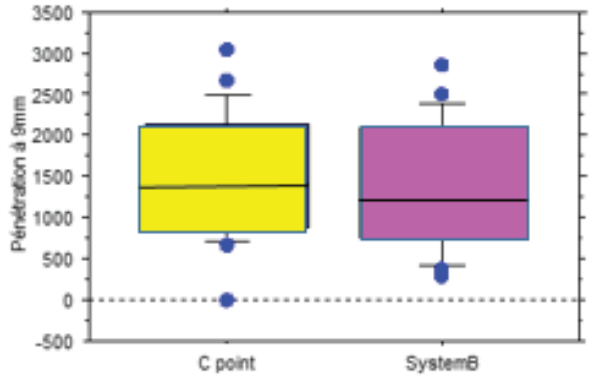


Figure 41 : Histogramme en boîtes montrant les mesures de longueurs de pénétration de ciment à 9mm

Moyenne (µm) et écart-type (µm) \ Niveau de coupe		2mm	5mm	9mm
Moyennes	CPoint®	345,60	1111,10	1499,50
	SystemB®	449,75	762,75	1393,25
Ecart-types	CPoint®	464,15	612,17	775,37
	SystemB®	444,04	634,46	761,42

Figure 42: Tableau récapitulatif des valeurs des moyennes et écart-types des mesures de longueur de pénétration du ciment pour chaque niveau

	2mm	5mm	9mm
Valeur de p (CPoint® / SystemB®)	0,4728	0,0853	0,6646

Figure 43 : Tableau des valeurs de p pour les mesures de longueurs de pénétration de ciment pour chaque niveau

Comparaison du pourcentage de vide à 2mm :

Il y a un résultat significatif (p = 0,0239) sur le pourcentage de vide à 2 mm en faveur du System B ® (2,0 ± 3,3 % contre 8,8 ± 9,8%) (figure 45). Il y a moins de vides dans le groupes obturé au System B®.

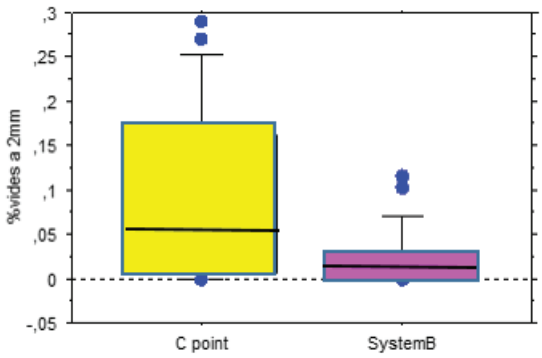


Figure 44 : Histogramme en boîtes montrant les pourcentages de vides à 2mm

Vide canalaire en % surface obturée / Niveau de coupe		2mm
Moyennes	CPoint®	8,8
	SystemB®	2,0
Ecart-types	CPoint®	9,8
	SystemB®	3,3

Figure 45: Tableau récapitulatif des valeurs des moyennes et écart-types des pourcentages de vides à 2 mm

	2mm
Valeur de p vides / technique	**0,0239**

Figure 46: Valeur de p pour le pourcentage de vides à 2 mm

Voici quelques images observées au MCBL, et colorées à l'aide du logiciel Fiji :

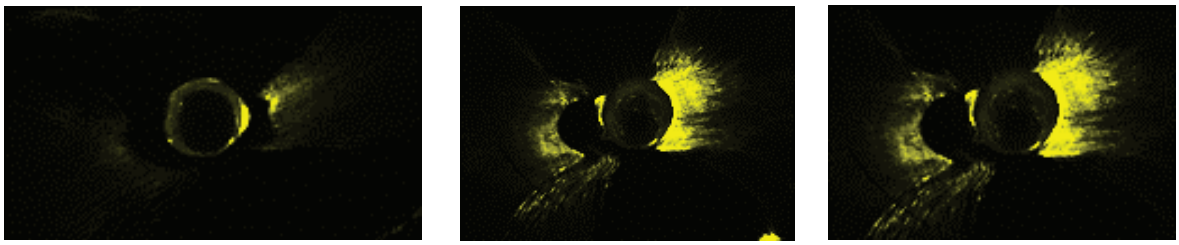


Figure 47 : Images de coupes transversales de racines obturées au CPoint® observées au MCBL respectivement à 2mm, 5mm et 9mm

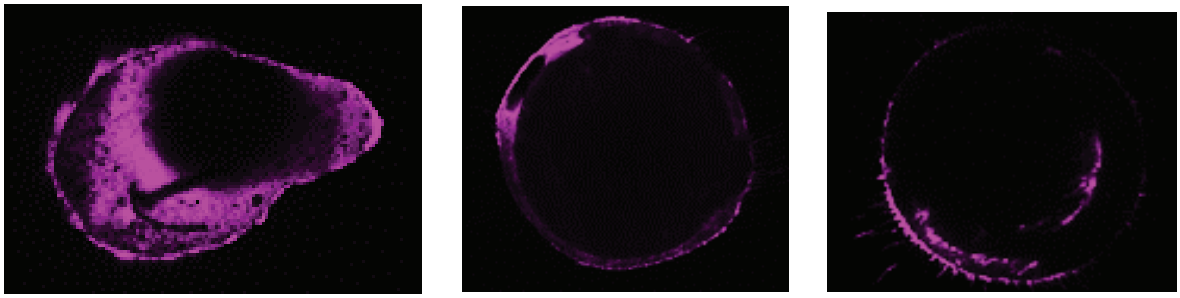


Figure 48 : Images de coupes transversales de racines obturées au SystemB® observées au MCBL respectivement à 2mm, 5mm et 9mm

<u>Comparaison des longueurs de pénétration de ciment dans les tubuli par niveau selon la technique :</u>

Cpoint®:

Il n'y a pas de résultat significatif entre 5 et 9mm (p=0,563). On note une différence significative entre 2 et 5 mm (p=0,0003) en faveur du niveau 5 mm ; et entre 2 et 9 mm (p<0,0001) en faveur du niveau 9 mm. (figure 49)

System B®:

Il n'y a pas de résultat significatif entre les niveaux 2 et 5 mm (p= 0,12). Il y a une différence significative entre 2 mm et 9 mm (p<0,0001) en faveur du niveau 9mm ; et entre 5 mm et 9 mm (p= 0,024) en faveur du niveau 9 mm. (figure 49)

	CPoint®	System B ®
2 - 5mm	**0,0003**	0,12
5 - 9mm	0,563	**0,024**
2 - 9mm	**<0,0001**	**<0,0001**

Figure 49 : Tableau des valeurs de p pour les mesures de longueurs de pénétration de ciment selon la technique entre les niveaux

Comparaison des longueurs de pénétration de ciment dans les tubuli par niveau de coupe selon les associations technique/ciment

La comparaison de la pénétration de ciment n'a pas montré de différence statistiquement significative entre les groupes à 2mm (p=0,1437).
Mais à 5mm, les longueurs de pénétration de ciments dans les tubuli sont statistiquement supérieures dans les échantillons obturés avec CPoint® / SmartPasteBio® par rapport au CPoint® /AH Plus® (p=0,0014), au SystemB® /AH Plus® (p=0,0003) et au SystemB® / SmartPasteBio® (p=0,0265).
A 9mm, les longueurs de pénétration de CPoint® / SmartPasteBio® sont statistiquement plus élevées que CPoint® /AHPlus® et que SystemB® /AH Plus® (p<0,0001), et celles de SystemB® / SmartPasteBio ® sont statistiquement supérieures au CPoint® /AH Plus® (p=0,0009) et SystemB® /AH Plus® (p=0,0010).

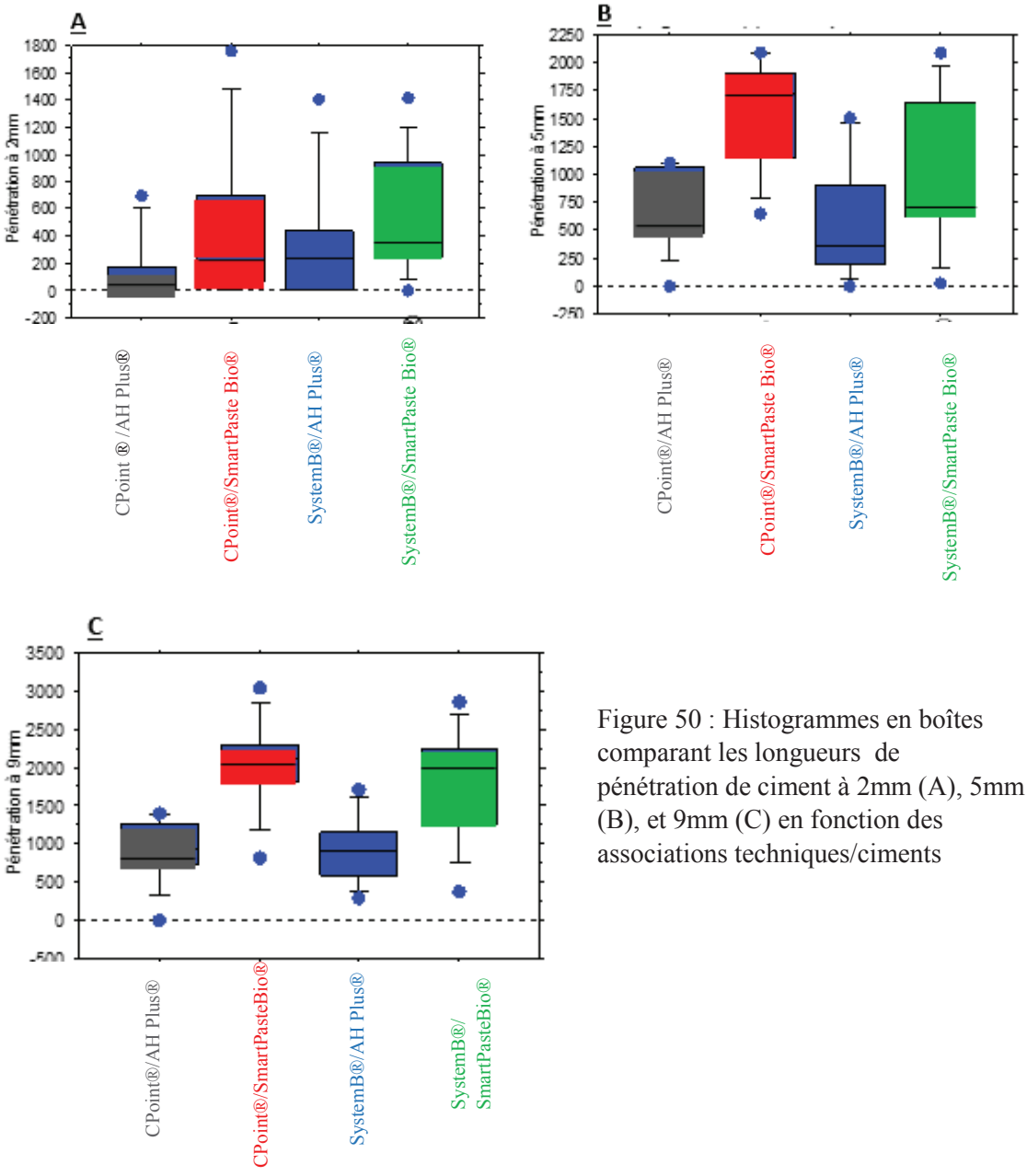


Figure 50 : Histogrammes en boîtes comparant les longueurs de pénétration de ciment à 2mm (A), 5mm (B), et 9mm (C) en fonction des associations techniques/ciments

A 5 et 9mm, tous les échantillons sont assez reproductibles, ainsi que le groupe SmartPasteBio® à 2mm; mais les trois autres groupes à 2mm sont très dispersés, avec une valeur d'écart-type jusqu'à 1,38 fois supérieure à la moyenne pour le groupe CPoint® /AH Plus®.

Moyenne (µm) et écart-type (µm) \ Niveau de coupe		2mm	5mm	9mm
Moyennes	CPoint®/ AH Plus®	176,60	694,20	929
	CPoint® / SmartPasteBio®	514,60	1528	2069,90
	SystemB® / AH Plus®	365,90	554,40	935,10
	SystemB® / SmartPasteBio®	533,60	971,10	1851,40
Ecart-types	CPoint® / AH Plus®	243,32	368,67	425,32
	CPoint® / SmartPasteBio®	576,30	518,65	604,28
	SystemB® / AH Plus®	454,67	532,36	453,45
	SystemB® / SmartPasteBio®	440,36	685,48	742,89

Figure 51 : Tableau récapitulatif des moyennes et écart-types des longueurs de pénétration de ciment dans les tubuli dentinaires à chaque niveau de coupe en fonction de chaque groupe

	2mm	5mm	9mm
CPoint® / AH Plus® - CPoint® / SmartPaste Bio®	>0,05	**0,0014**	**<0,0001**
CPoint® / AH Plus® - SystemB® / AH Plus®		0,5649	0,9811
CPoint® / AH Plus® - SystemB® / SmartPaste Bio®		0,2575	**0,0009**
CPoint® / SmartPaste Bio® - SystemB® / AH Plus®		**0,0003**	**<0,0001**
CPoint® / SmartPaste Bio® - SystemB® / SmartPaste Bio®		**0,0265**	0,3977
SystemB® / AH Plus® - SystemB® / SmartPaste Bio®		0,0919	**0,0010**

Figure 52 : Valeurs de p entre les groupes deux à deux pour chaque niveau (résultats significatifs en gras)

Pour chaque groupe, la longueur de pénétration de ciment dans les tubuli est d'autant plus importante que la coupe est coronaire (figure 51): dans le groupe obturé au CPoint® / SmartPasteBio®, il y a une différence statistiquement significative entre tous les niveaux

de coupe, et dans le groupe obturé au SystemB® /AH Plus®, une différence significative n'est retrouvée qu'entre 2 et 9mm (p=0,0135) (figure 53). Pour le groupe obturé au CPoint® / AH Plus®, les différences sont statistiquement significatives entre 2 et 5mm, et entre 2 et 9mm, et pour le groupe obturé au SystemB® / SmartPasteBio®, des différences significatives sont retrouvées entre 2 et 9mm, et entre 5 et 9mm

	CPoint® / AH Plus®	CPoint® / SmartPasteBio®	SystemB® / AH Plus®	SystemB® / SmartPasteBio®
2 - 5mm	**0,0029**	**0,0005**	0,3892	0,1360
5 - 9mm	0,1497	**0,0420**	0,0884	**0,0046**
2 - 9mm	**<0,0001**	**<0,0001**	**0,0135**	**<0,0001**

Figure 53 : Valeurs de p entre les niveaux de coupe pour chaque groupe (résultats significatifs en gras)

<u>Comparaison à 2mm du pourcentage de vide selon l'association technique/ciment</u>

Il y a un plus grand pourcentage de vides statistiquement significatif à 2mm dans les échantillons obturés au CPoint® / SmartPasteBio® par rapport au SystemB® / AH Plus® (p=0,0184) et par rapport au SystemB® / SmartPasteBio® (p=0,0023). (figure 54)

Là aussi cependant, les écart-types dans chacun des groupes sont supérieurs aux moyennes, mettant en évidence le caractère très étalé et dispersé des échantillons (figure 55).

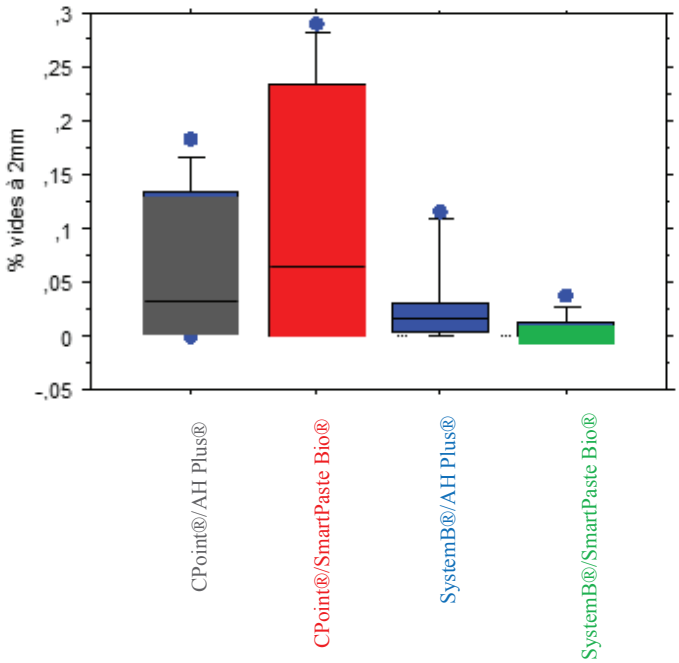


Figure 54 : Histogramme en boîtes des pourcentages de vides à 2mm en fonction des groupes

Moyenne et écart-types (%) / Niveau de coupe		2mm
Moyennes	CPoint® / AH Plus®	6,4%
	CPoint® / SmartPasteBio®	11,3%
	SystemB® / AH Plus®	3,3%
	SystemB® / SmartPasteBio®	0,6%
Ecart-types	CPoint® / AH Plus®	6,9%
	CPoint® / SmartPasteBio®	11,9%
	SystemB® / AH Plus®	4,2%
	SystemB® / SmartPasteBio®	1,2%

Figure 55 : Tableau récapitulatif des moyennes et écart-types des pourcentages de vides à 2mm en fonction de chaque groupe.

	2mm
CPoint® / AH Plus® - CPoint® / SmartPasteBio®	0,1413
CPoint® / AH Plus® - SystemB® / AH Plus®	0,3402
CPoint® / AH Plus® - SystemB® / SmartPasteBio®	0,0843
CPoint® / SmartPasteBio® - SystemB® / AH Plus®	**0,0184**
CPoint® / SmartPasteBio® - SystemB® / SmartPasteBio®	**0,0023**
SystemB® / AH Plus® - SystemB® / SmartPasteBio®	0,4241

Figure 56 : Valeurs de p des pourcentages de vides à 2mm en fonction de chaque groupe (résultats significatifs en gras)

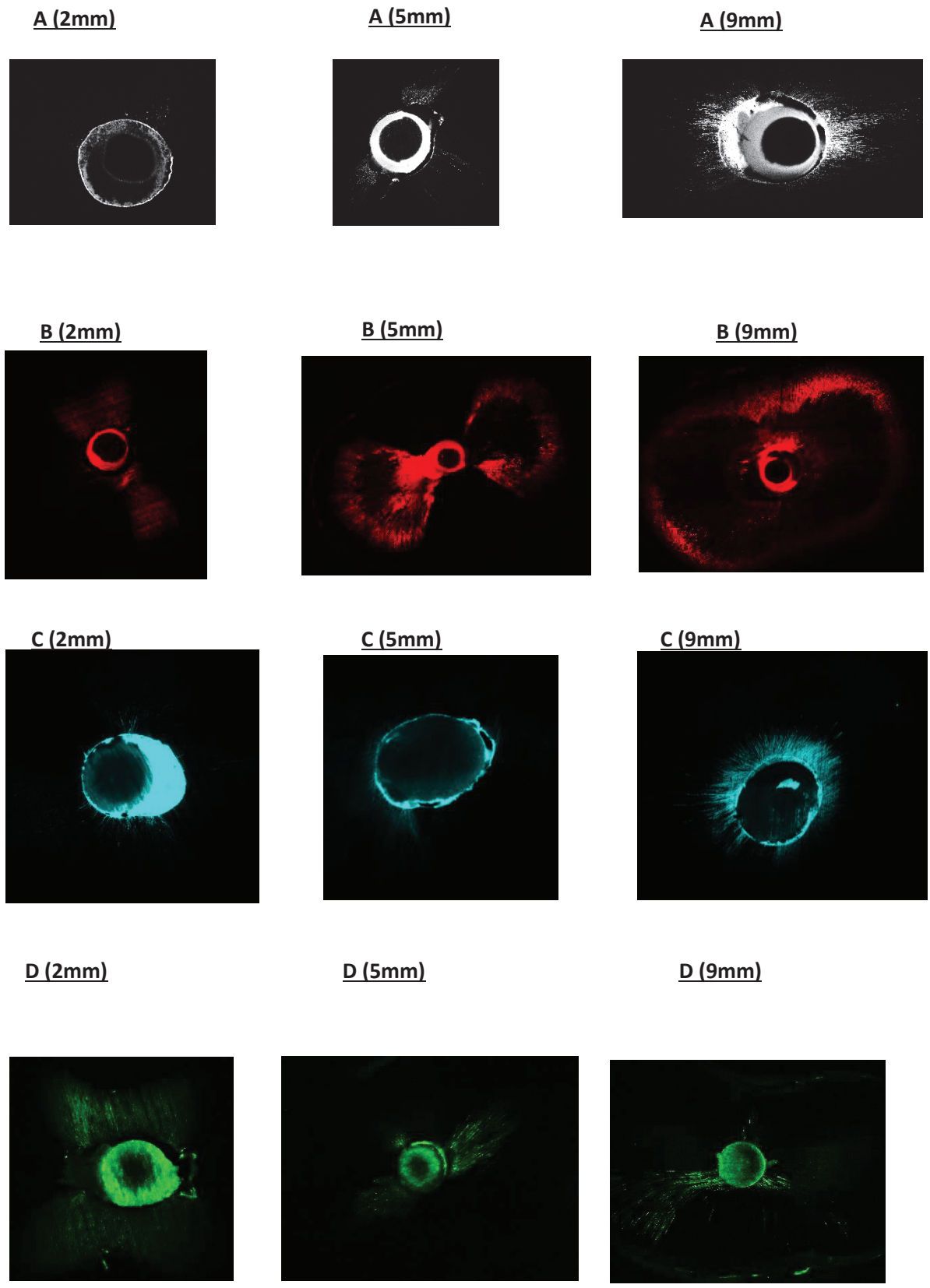


Figure 57 : Images d'échantillons représentatifs des groupes CPoint® / AH Plus® (A), CPoint® / SmartPaste Bio® (B), SystemB® / AH Plus® (C), SystemB® / SmartPaste Bio® (D) en profondeur de pénétration de ciment dans les tubuli à 2, 5, et 9mm.

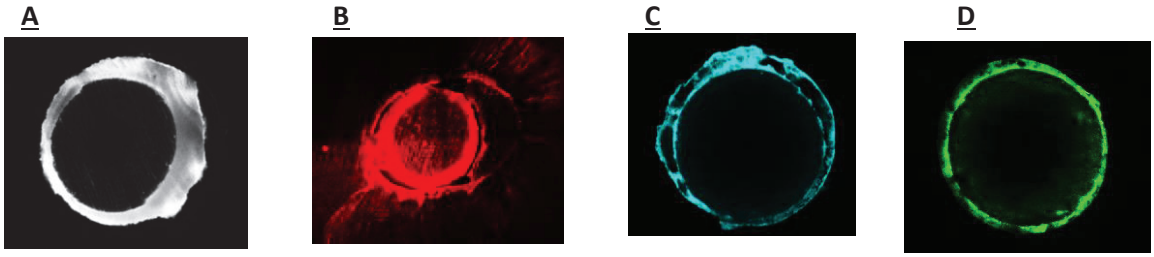


Figure 58 : Images d'échantillons représentatifs des groupes CPoint® / AH Plus® (A), CPoint® / SmartPasteBio® (B), SystemB® / AH Plus® (C), SystemB® / SmartPasteBio® (D) en pourcentage de vides à 2mm.

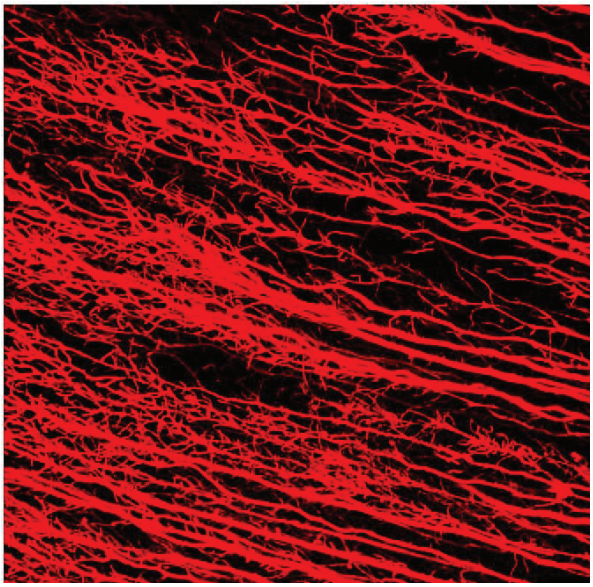


Figure 59 : Grandissement x63 au MCBL mettant en évidence la pénétration de ciment dans le réseau dentinaire

Des images représentatives de la moyenne de pénétration de ciment dans chaque groupe à chaque niveau, ainsi que celles représentatives de la moyenne de vides dans chaque groupe sont données dans les figures 57 et 58.

Le microscope confocal a permis d'observer à fort grossissement la pénétration de ciment dans tout le réseau dentinaire, jusque dans les micro-ramifications des tubuli (figure 59).

d. Discussion

La discussion s'applique aux différentes étapes de l'étude.

Le protocole :
Le choix du modèle s'est porté sur la dent monoradiculée afin de limiter les risques de biais dus aux différences d'anatomie radiculaire. Le choix des techniques d'obturation étudiées est fondé sur :

- pour la technique monocône avec un cône à 4% et un matériau nouveau (le CPoint®): sa nouveauté pour les cônes dans un matériau et un concept nouveaux (expansion), son usage simple et l'association à un ciment de scellement biocéramique. De plus, très peu d'études ont été publiées à la fois sur la technique et sur ce type de cône CPoint®.
- pour la technique de compactage vertical de gutta chaude en une phase, sur le fait qu'il s'agit aujourd'hui d'une technique de référence, unanimement reconnue comme étant la plus performante actuellement. Certes, c'est aussi une technique plus complexe à acquérir avec une courbe d'apprentissage plus importante, ce qui peut être aussi un challenge pour deux étudiantes de 6ème année.

Il nous a paru intéressant de comparer ces deux techniques très différentes tant par leur principe que par leurs moyens d'exécution.

La préparation canalaire a été réalisée à l'aide du F360® (Komet), instrument récent et adapté aux dernières recommandations en matière de préparation canalaire (diamètre apical large 35 / 100ème et conicité réduite à 4%) ; la conicité de 4% est reconnue aujourd'hui comme suffisante pour être un frein à l'écoulement du matériau d'obturation et permet la désinfection canalaire.

Les méthodes d'évaluation retenues sont la mesure de longueur de pénétration tubulaire du ciment de scellement et la quantité de vides : ces paramètres semblent être, selon les dernières publications, les plus adaptés à l'appréciation et la comparaison des techniques d'obturation d'une part, et des ciments de scellement d'autre part. Les techniques de pénétration de colorants pour évaluer l'étanchéité sont aléatoires et ne sont plus valables. Nous avons sélectionné une méthode moderne faisant appel à la biologie moléculaire avec un marquage fluorescent que l'on va rechercher au moyen d'un MCBL.

Les résultats :

L'analyse statistique des résultats montre une différence statistiquement significative ($p=0,0239$) sur le pourcentage de vide à 2 mm en faveur du SystemB® ($2,0 \pm 3,3$ % contre $8,8 \pm 9,8$%): il y a moins de vides dans le groupe obturé au SystemB®. Alors que dans la technique du System B®, le fouloir chauffant est arrêté à LT - 4mm, que l'on sait que la gutta percha est un matériau non conducteur (au-delà d'1 mm) dans la zone apicale, l'obturation est très proche d'une technique monocône dans les derniers

millimètres apicaux. Il ne devrait pas y avoir de différence. Cette différence peut s'expliquer par les deux compactages verticaux à froid qui se font après la coupe du cône à l'entrée du canal et après la phase de descente : cela permettrait de pousser le ciment de scellement dans toutes les irrégularités canalaires et donc de mieux combler les vides.
La pénétration de ciment dans les tubuli est beaucoup plus importante à 5mm et 9 mm avec les groupes CPoint® / SmartPasteBio® et SystemB® / SmartPasteBio®. Cela peut s'expliquer par la présence en nombre plus important des tubuli (et plus larges) dans les tiers moyen et coronaire du canal, et par une pression exercée plus importante (pour le SystemB®). On pourrait aussi noter une remarquable qualité du ciment à base biocéramique et sa capacité à diffuser dans les tubuli due à son hydrophilie inhérente à sa composition.
De manière générale, la technique la plus homogène est le System B ® avec un ciment à base de biocéramique. L'association CPoint® et ciment biocéramique donne des résultats intéressants à 5 et 9 mm. Au niveau apical, il n'y a pas de différence significative.
Le défaut principal du système du CPoint® réside dans la présence de vides canalaires non comblés malgré l'expansion de prise de 20% annoncée par le fabricant. En effet, l'étude de Hari trouve un maximum de 12% d'expansion *in vitro* (XV).
Concernant la pénétration du ciment dans les tubuli, il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les groupes CPoint® et System B® à 2mm, 5 mm et 9 mm ($p>0,05$). On constate des écart-types de valeur importante.

Cela montre une grande variabilité dans les échantillons, qui pourrait s'expliquer par la nature différente de l'anatomo-histologie dentinaire d'une dent à l'autre et par l'âge des dents sélectionnées (présence de sclérodentine, diamètre des tubuli plus étroits, butterfly effect).

Décrit dans la littérature par Russell en 2013 (19), le butterfly effect est un phénomène optique visible sur certaines coupes transversales de dents. Il se caractérise par une densité de tubuli qui est moindre dans le sens mésio-distal, ce qui correspond aux « ailes du papillon ». Cet effet est retrouvé sur des dents de personnes jeunes et plus âgées, sans différence. Cette forme d'ailes de papillon est visible à l'œil nu sur les coupes transversales obtenues lors de l'étude, et apparaissent aussi lors de l'observation au MCBL.

Ozawa en 2009 montre des résultats similaires: quelle que soit la technique utilisée, la longueur de pénétration de ciment dans les tubuli est importante, sans différence significative (17) entre les groupes. Cependant lorsque l'on associe le ciment et la technique, on obtient un pourcentage de vides canalaires significativement supérieur avec le groupe CPoint® / SmartPasteBio® comparé aux groupes SystemB® / SmartPasteBio® et SystemB® / AH Plus®.

Il y a peu d'éléments de comparaison dans la littérature utilisant cette même technique d'observation de fluorescence au MCBL, et évaluant ces 2 techniques.

Il est important de souligner que la présence de ces vides peut présenter une menace pour l'étanchéité de l'obturation. Les études rapportent que certaines bactéries persistent dans le canal, et ce, malgré un débridement et une désinfection correctement réalisés (3). Des

bactéries telles que *Actinomyces, Lactobacillus, Peptostreptococcus, Veillonella, Enterococcus faecalis, Fusobacterium nucleatum*, et *Streptococcus mutans* sont présentes dans les 5 mm apicaux des dents infectées et sont capables de se développer en milieu anaérobie si elles ne sont pas éliminées selon l'étude de Baumgartner (2). Sjogrën et al testent les dents (présence de bactéries ou non) après préparation et désinfection et avant obturation. (23). Sur 55 canaux initialement infectés, 22 le sont encore après la désinfection canalaire… Et ils montrent que les dents dans lesquelles il reste des bactéries avant obturation ont un taux de succès nettement inférieur à celui des dents débarrassées des bactéries (68% contre 94% à 5 ans).

Les volumes de vides dans l'obturation - inhérents aux matériaux et à la technique de mise en place- pourraient donc constituer un lieu de développement microbien qui participerait a posteriori à l'échec du traitement. Mais en présence d'un ciment aux propriétés bioactives (bactéricide ou bactériostatique), ces vides deviendraient-ils un environnement défavorable à la croissance bactérienne ? Constater la présence de vides au sein de l'obturation serait-il aussi défavorable ou délétère sur le pronostic du traitement dans ce cas? Les qualités du ciment peuvent-elles compenser voire pallier les défauts de la technique d'obturation ? Quelle est la durée dans le temps d'une possible action bioactive du ciment ?

Il est encore tôt pour pouvoir répondre à ces interrogations, mais il est certain que l'évolution technologique des biomatériaux pousse dans le sens d'un matériau « bioactif » que ce soit par le relargage de molécules, par des modifications physiques ou chimiques ou bien par la stimulation des cellules présentes sur place (différentiation, guidage cellulaire). En 2015, Lee étudie des obturations réalisées avec une technique classique (compactage latéral à froid) mais à l'aide de gutta-percha dans laquelle ont été incluses des nano-particules de diamant et de l'Amoxicilline aux qualités antibiotiques (9). Les nano-particules ajoutées confèrent au matériau des propriétés mécaniques supérieures à celles de la gutta percha classique, et l'état de surface obtenu a la particularité « de piéger » les bactéries qui vont y mourir. Cet effet est rémanent et permet d'éradiquer les bactéries résiduelles présentes dans le canal après obturation (action bactéricide contre le *Streptococcus aureus* dans cette étude). Il semblerait que cet état soit conservé et empêcherait la (ré)infection. L'hypothèse la plus probable est un relargage de molécules d'amoxicilline durant plusieurs jours. Des tests *in vivo* pourraient certainement permettre de vérifier les propriétés bactéricides de cette gutta imprégnée.

e. Conclusion

Dans les conditions de cette expérimentation, nous avons obtenu les résultats suivants :

Au niveau de la pénétration de ciment en fonction de la technique, il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les groupes CPoint® et System B® à 2mm, 5 mm et 9 mm ($p>0,05$). On peut supposer qu'il n'y a pas d'impact de la technique sur les résultats observés. Il y a en revanche une différence statistiquement significative ($p = 0,0239$) sur le pourcentage de vide à 2 mm en faveur du System B® (2,0 ± 3,3 % contre 8,8 ± 9,8%). Il y a moins de vides dans le groupes obturé au System B®.

En ce qui concerne la longueur de pénétration de ciment en fonction des niveaux:

- pour le CPoint®, il n'y a pas de différence statistiquement significative entre 5 et 9mm ($p=0,563$). On note une différence significative entre 2 et 5 mm ($p= 0,0003$) en faveur du niveau 5 mm; et entre 2 et 9 mm ($p<0,0001$) en faveur du niveau 9 mm.
- Pour le System B®, il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les niveaux 2 et 5 mm ($p= 0,12$). Il y a une différence statistiquement significative entre 2 mm et 9 mm ($p<0,0001$) en faveur du niveau 9mm ; et entre 5 mm et 9 mm ($p= 0,024$) en faveur du niveau 9 mm.

Lors de la comparaison de la longueur de pénétration de ciment lorsqu'on associe ciment et technique, les résultats ne montrent pas de différence statistiquement significative entre les groupes à 2mm ($p=0,1437$).

Mais à 5mm, les longueurs de pénétration de ciments sont statistiquement supérieures dans les échantillons obturés avec CPoint® / SmartPasteBio® par rapport au CPoint® / AH Plus® ($p=0,0014$), au SystemB® / AH Plus® ($p=0,0003$) et au SystemB® / SmartPasteBio® ($p=0,0265$).
A 9mm, les longueurs de pénétration de CPoint® / SmartPasteBio® sont statistiquement plus élevées que CPoint®/AH Plus® et que SystemB® / AH Plus® ($p<0,0001$), et celles de SystemB® / SmartPasteBio® sont statistiquement supérieures au CPoint® / AH Plus® ($p=0,0009$) et SystemB® / AH Plus® ($p=0,0010$)
Pour chaque groupe, la longueur de pénétration de ciment dans les tubuli est d'autant plus importante que la coupe est coronaire: dans le groupe obturé au CPoint® / SmartPasteBio®, il y a une différence statistiquement significative entre tous les niveaux de coupe, et dans le groupe obturé au SystemB® / AH Plus®, une différence significative n'est retrouvée qu'entre 2 et 9mm ($p=0,0135$). Pour le groupe obturé au CPoint®/AH Plus®, les différences sont statistiquement significatives entre 2et 5mm, et entre 2 et 9mm, et pour le groupe obturé au SystemB® / SmartPasteBio®, des différences significatives sont retrouvées entre 2 et 9mm, et entre 5 et 9mm.

Enfin, lorsque l'on compare à 2mm le pourcentage de vide selon l'association technique/ciment, il y a un plus grand pourcentage de vides statistiquement significatif à 2mm dans les échantillons obturés au CPoint® / SmartPasteBio® par rapport au

SystemB® / AH Plus® (p=0,0184) et par rapport au SystemB® / SmartPasteBio® (p=0,0023).

Cette étude mériterait d'être poussée afin d'obtenir des résultats forts qui modifieraient peut-être les habitudes des praticiens. Réalisée avec d'autres moyens d'évaluation de l'étanchéité apicale (test de pénétration bactérienne, micro-CT scan), en incluant les dents pluriradiculées, des canaux courbes et en prenant en compte des facteurs cliniques comme la guérison, la facilité de dépose ou réintervention, le confort du patient ou le gain de temps du praticien dans l'évaluation des nouveaux matériaux et leurs possibles associations, *in vitro* puis *in fine in vivo.* Le but de la recherche étant toujours, à notre sens, la finalité clinique.

Et si l'obturation de demain n'était pas la pose avec une technique simple de matériaux actifs au service de notre santé ? (bioactivité, induction de cicatrisation, expansion de prise)

Annexes

Niveau: 2 mm		Type de ciment									
		AH+					Biocéramique				
Technique d'obturation	N°	Aire du canal (µm2)	Aire obturée (µm2)	Aire du vide (µm2)	Ratio du vide	Pénétration de ciment intra-tubulaire (µm)	Aire du canal (µm2)	Aire obturée (µm2)	Aire du vide (µm2)	Ratio du vide	Pénétration de ciment intra-tubulaire (µm)
Cpoint	C1B						149720	133792	15928	0,1064	693
	C2B						111681	79129	32552	0,2915	0
	C3B						189013	137674	51339	0,2716	229
	C4B						153628	127355	26273	0,171	240
	C5B						175077	175077	0	0	320
	C6A	162185	140483	21702	0,1338	0					
	C7A	168758	156304	12454	0,0738	80					
	C8A	147772	146510	1262	0,0085	155					
	C9A	204197	166759	37438	0,1833	123					
	C10A	278919	236525	42394	0,152	0					
	C11A	174944	172421	2523	0,0144	180					
	C12A	170683	170683	0	0	0					
	C13A	216258	202272	13986	0,0647	0					
	C14A	245813	244053	1760	0,0072	694					
	C15A	268359	266789	1570	0,0059	534					
	C16B						467133	461849	5284	0,0113	1755
	C17B						231925	177516	54409	0,2346	69
	C18B						135952	135952	0	0	0
	C19B						148492	142005	6487	0,0437	631
	C20B						174040	174040	0	0	1209
System B	S1B						161655	161655	0	0	935
	S2B						180610	180610	0	0	0
	S3B						191103	191054	49	0,0003	456
	S4B+						200339	170994	29345	0,1465	509
	S5B+						174856	174856	0	0	342
	S6B						135453	133744	1709	0,0126	243
	S7B						211098	211098	0	0	290
	S8B						235669	235669	0	0	167
	S9B						312427	312427	0	0	1418
	S10B						322739	310344	12395	0,0384	976
	S11A	205900	202135	3765	0,0183	437					
	S12A	252588	245300	7288	0,0289	239					
	S13A	245210	219635	25575	0,1043	229					
	S14A	203955	201464	2491	0,0122	0					
	S15A	276392	244588	31804	0,1151	1400					
	S16A	347462	336944	10518	0,0303	0					
	S17A	249051	249051	0	0	901					
	S18A	218211	217418	793	0,0036	337					
	S19A	159171	156721	2450	0,0154	116					
	S20A	78470	78470	0	0	0					

Annexe 1 : Tableau des mesures des aires du canal, des aires obturées, des ratios de vides et des mesures de longueurs de pénétration de ciment dans les tubuli à 2 mm

Niveau: 5 mm		Type de ciment	
Technique d'obturation	N°	AH+	Biocéramique
		PENETRATION DE CIMENT INTRA-TUBULAIRE (µm)	PENETRATION DE CIMENT INTRA-TUBULAIRE (µm)
Cpoint	C1B		2080
	C2B		1139
	C3B		1138
	C4B		928
	C5B		652
	C6A	459	
	C7A	603	
	C8A	1110	
	C9A	1064	
	C10A	0	
	C11A	510	
	C12A	478	
	C13A	1019	
	C14A	1108	
	C15A	591	
	C16B		1648
	C17B		2278
	C18B		1907
	C19B		1817
	C20B		1873
System B	S1B		623
	S2B		2098
	S3B		1358
	S4B+		743
	S5B+		560
	S6B		746
	S7B		1586
	S8B		25
	S9B		1850
	S10B		1654
	S11A	384	
	S12A	1400	
	S13A	136	
	S14A	344	
	S15A	1511	
	S16A	392	
	S17A	282	
	S18A	913	
	S19A	0	
	S20A	192	

Annexe 2 : Tableau des mesures de longueurs de pénétration de ciment dans les tubuli à 5 mm

Niveau: 9 mm		Type de ciment	
Technique d'obturation	N°	AH+	Biocéramique
		PENETRATION DE CIMENT INTRA-TUBULAIRE (µm)	PENETRATION DE CIMENT INTRA-TUBULAIRE (µm)
Cpoint	C1B		2263
	C2B		2200
	C3B		2290
	C4B		1571
	C5B		820
	C6A	918	
	C7A	1395	
	C8A	660	
	C9A	1270	
	C10A	0	
	C11A	1223	
	C12A	739	
	C13A	965	
	C14A	743	
	C15A	1377	
	C16B		2058
	C17B		2657
	C18B		3047
	C19B		1977
	C20B		1816
System B	S1B		2510
	S2B		2862
	S3B		2035
	S4B+		1694
	S5B+		1119
	S6B		2137
	S7B		2247
	S8B		375
	S9B		2260
	S10B		1275
	S11A	1703	
	S12A	1524	
	S13A	580	
	S14A	1027	
	S15A	1109	
	S16A	686	
	S17A	473	
	S18A	1140	
	S19A	821	
	S20A	288	

Annexe 3 : Tableau des mesures de longueurs de pénétration de ciment dans les tubuli à 9 mm

Références bibiographiques

1. Arash S., Ali-Akbar H., Alireza A., Hessam R., Fahimeh S., Effect of Smear Layer on Sealing Ability of Canal Obturation: A Systematic Review and Meta-analysis. Journal of Endodontics 2007 Feb 33(2) :96–105

2. Baumgartner JC, Falkler WA Jr. Bacteria in the apical 5 mm of infected root canals. J Endod. 1991 Aug;17(8):380-3

3. Bryce G, O'Donnell D, Ready D, Ng YL, Pratten J, Gulabivala K. Contemporary root canal irrigants are able to disrupt and eradicate single- and dual-species biofilms. J Endod. 2009 Sep;35(9):1243-8.

4. D'Alpino PH, Pereira JC, Svizero NR, Rueggeberg FA, Pashley DH. Factors affecting use of fluorescent agents in identification of resin-based polymers. J Adhes Dent. 2006 Oct;8(5):285-92

5. De Bruyne MA, Verhelst PC, De Moor RJ, Critical analysis of leakage studies in endodontics. Rev Belge Med Dent (1984). 2005;60(2):92-106

6. Fransen JN, He J, Glickmen GN, Rios A, Shulman JD, Honeyman A. Comparitive assessment of Activ GP/Glass Ionomer sealer, Resilon/Epiphany and Gutta-percha/AH-plus obturation. A Bacterial leakage study. J Endod 2008;34:725-7

7. Haïkel Y, Freymann M, Fanti V, Claisse A, Poumier F, Watson M, Apical microleakage of radiolabeled lysozyme over time in three techniques of root canal obturation, J Endod. 2000 Mar;26(3):148-52

8. Lahor-Soler E, Miranda-Rius J, Brunet-Llobet L, Farré M, Pumarola J, In vitro study of the apical microleakage with resilon root canal filling using different final endodontic irrigants, J Clin Exp Dent. 2015 Apr; 7(2): e212–e217

9. Lee DK, Kim SV, Limansubroto AN, Yen A, Soundia A, Wang CY, Shi W, Hong C, Tetradis S, Kim Y, Park NH, Kang MK, Ho D. Nanodiamond-Gutta Percha Composite Biomaterials for Root Canal Therapy. ACS Nano. 2015 Nov 24;9(11):11490-501.

10. Marciano MA, Guimarães BM, Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Cavenago BC, Garcia RB, Bernardineli N, Andrade FB, Moraes IG, Duarte MA. Physical properties and interfacial adaptation of three epoxy resin-based sealers. J Endod. 2011, Oct;37(10):1417-21

11. Maret D, Telmon N, Peters OA, Lepage B, Treil J, Inglèse JM, Peyre A, Kahn JL, Sixou M, Effect of voxel size on the accuracy of 3D reconstructions with cone beam CT, Dentomaxillofacial Radiology (2012) 41, 649–655

12. Mathur R, Sharma M, Sharma D, Raisingani D, Vishnoi S, Singhal D, Grover S, Evaluation of Coronal Leakage Following Different Obturation Techniques and in-vitro Evaluation Using MethyleneBlue Dye Preparation, J Clin Diagn Res. 2015 Dec;9(12):ZC13-7

13. Medioni E., Cours d'Odontologie Conservatrice – Endodontie P2 (figure 15)

14. Miranda Souza E, Geraldes Papen F, Shemesh H, Bonanatoestrela C, Bonetti-Filho I. Reliability of assessing dye penetration along root canal fillings using methylene blue. Aust Endod J. 2009.35. p.158-163

15. Monticelli F, Sadek FT, Schuster GS, Volkmann KR, Looney SW, Ferrari M, Toledano M, Pashley DH, Tay FR. Efficacy of two contemporary single-cone filling techniques in preventing bacterial leakage. J Endod. 2007 Mar;33(3):310-3

16. Ng YL, 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. International Endodontics Journal 2007 Dec;40(12):921-39

17. Ozawa T, Taha N, Messer HH. A comparison of techniques for obturating oval-shaped root canals. Dent Mater J. 2009 May;28(3):290-4

18. Peters OA, Peters CI, Schonenberger K, Barbakow, F, ProTaper rotary root canal preparation: effects of canal anatomy on final shape analysed by micro CT. International Endodontic Journal, 2003 (36): 86-92

19. Russell AA, Chandler NP, Hauman C, Siddiqui AY, Tompkins GR. The butterfly effect: an investigation of sectioned roots. J Endod. 2013 Feb;39(2):208-10.

20. Schaeffer MA, White RR, Walton. Determining the Optimal Obturation Length: A Meta-Analysis of Literature. J Endodon, 2005; 4:271-274

21. Société Francophone de Biomatériaux Dentaires, La gutta-percha, 2009, Support de cours : p. 3-5

22. Singh S V, Nikhil V, Yadav S. Effect of cavity varnish and intermediate restorative material on coronal microleakage in endodontically treated tooth. Indian J Dent Res 2011;22:103-6

23. Sjögren U, Figdor D, Persson S, Sundqvist G. Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. Int Endod J. 1997 Sep;30(5):297-306.

24. Torabinejad M, Ung B, Kettering JD. In vitro bacterial penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. J Endod. 1990 Dec;16(12):566-9

25. Verissimo DM, Do Vale MS. Methodologies for assessement of apical and coronal leakage of endodontic filling materials: a critical review. Journal of Oral Science. 2006. Vol.48, N°3 p.93-98

26. Wu MK, De Gee AJ, Wesselink PR., Moorer WR. Fluid transport and bacterial penetration along root canal fillings. Int Endodont J 1993;26:203-208

27. Wu MK, Fan B, Wesselink PR, Leakage along apical root filling in curved root canals. Part I: Effects of apical transportation on seal of root fillings. Journal of Endodontics. April 2000, Vol 26, Issue 4. p.210-216

28. www.dentalaegis.com/id/2006/02/activ-gp-a-single-cone-obturation-technique

29. www.dentalaegis.com/id/products/brasseler-usa/activ-gp/

30. www.dentalprice.fr/index.php?id_category=147&controller=category&id_lang=2

31. www.dentaltix.com/fr/maillefer/four-thermafil-thermaprep-2

32. www.dreamdirectdesign.com/dentisfuturis/modules/news/print.php?storyid=239

33. www.endotechnologies.com/getting-started/

34. www.gacetadental.com/2011/10/uso-clnico-del-resilon-un-nuevo-material-adhesivo-para-la-obturacin-de-los-conductos-radiculares-25263/

35. www.gentleendodontics.com.au/clinical-cases-endodontic-re-treatmen-of-silver-points/

36. www.intelligentdental.com/2011/12/17/what-is-obturation-in-root-canal-therapy-part-2/

37. www.intranet.tdmu.edu.ua/data/kafedra/internal/stomat_ter/classes_stud/en/stomat/ptn/Therapeutic%20Dentistry/3%20year/VI/20.%20Treatment%20of%20acute%20apical%20periodontitis.htm

38. www.medicalexpo.fr/prod/sybronendo/product-74210-474842.html

39. www.medicalexpo.com/pdf/dentsply-maillefer/thermafil/72098-119527.html

40. www.monografias.com/trabajos65/condensacion-termodinamica-gutapercha/condensacion-termodinamica-gutapercha.shtml

41. www.qedendo.co.uk/acatalog/Warm-Vertical-Condensation.html

42. www.smile-us.com/sub221-56.html

43. www.store.endotechnologies.com/index.php/cpoint.html

44. www.vdw-dental.com/en/products/obturation/gutta-percha/standardised-gutta-percha-cones.html

Revue de la littérature:

I. Ng YL, Mann V, Gulabivala K. Tooth survival following non-surgical root canal treatment: a systematic review of the literature. Int Endod J. 2010 Mar;43(3):171-89

II. Gillen BM, Looney SW, Gu LS, Loushine BA, Weller RN, Loushine RJ, Pashley DH, Tay FR. Impact of the quality of coronal restoration versus the quality of root canal fillings on success of root canal treatment: a systematic review and meta-analysis. J Endod. 2011 Jul;37(7):895-902

III. Warneke S, Arenskötter M, Tenberge KB, Steinbüchel A. Bacterial degradation of poly(trans-1,4-isoprene) (gutta percha) Microbiology. 2007 Feb;153(Pt 2):347-56

IV. Maniglia-Ferreira C, Valverde GB, Silva JB Jr, de Paula RC, Feitosa JP, de Souza-Filho FJ. Clinical relevance of trans 1,4-polyisoprene aging degradation on the longevity of root canal treatment. Braz Dent J. 2007;18(2):97-101.

V. Li GH, Niu LN, Zhang W, Olsen M, De-Deus G, Eid AA, Chen JH, Pashley DH, Tay FR, Ability of new obturation materials to improve the seal of the root canal system: A review, Acta Biomaterialia, Volume 10, Issue 3, March 2014, Pages 1050–1063

VI. Varun K, Harpreet S, Rajinder B, Samrity P., Qualitative and quantitative comparative evaluation of sealing ability of guttaflow, thermoplasticized gutta percha and lateral compaction for root canal obturation: a cohort, controlled, ex-vivo study. Oral Health Dent Manag. 2013 Sep;12(3):155-61

VII. Jain P, Pruthi V, Sikri VK. An ex vivo evaluation of the sealing ability of polydimethylsiloxane-based root canal sealers. Indian J Dent Res. 2014 May-Jun;25(3):336-9

VIII. Didato A, Eid AA, Levin MD, Khan S, Tay FR, Rueggeberg FA. Time-based lateral hygroscopic expansion of a water-expandable endodontic obturation point. J Dent. 2013 Sep;41(9):796-801

IX. Cavenago BC, Duarte MA, Ordinola-Zapata R, Marciano MA, Carpio-Perochena AE,Bramante CM. Interfacial adaptation of an epoxy-resin sealer and a self-etch sealer to root canal dentin using the System B or the single cone technique. Braz Dent J. 2012;23(3):205-11

X. Eid AA, Nikonov SY, Looney SW, Didato A, Niu LN, Levin MD, Rueggeberg FA,Pashley DH, Watanabe I, Tay FR. In Vitro biocompatibility evaluation of a root canal filling material that expands on water sorption. J Endod. 2013, Jul;39(7):883-8.

XI. Li GH, Niu LN, Selem LC, Eid AA, Bergeron BE, Chen JH, Pashley DH, Tay FR. Quality of obturation achieved by an endodontic core-carrier system with crosslinked gutta-percha carrier in single-rooted canals. J Dent. 2014 Sep;42(9):1124-34

XII. Selem LC, Li GH, Niu LN, Bergeron BE, Bortoluzzi EA, Chen JH, Pashley DH, Tay FR. Quality of obturation achieved by a non-gutta-percha-based root filling system in single-rooted canals. J Endod. 2014 Dec;40(12):2003-8

XIII. Economides N, Gogos C, Kodonas K, Beltes C, Kolokouris I. An ex vivo comparison of the push-out bond strength of a new endodontic filling system (Smartseal) and various gutta-percha filling techniques. Odontology. 2012 Jul;100(2):187-91

XIV. Emery O., Evaluation de l'étanchéité des obturations endocanalaires : revue de la littérature, Rev Odont Stomat 2002;31:279-297

XV. Hari K., Water-Expandable Endodontic Obturation Point: A Review. RRJDS, April - June, 2014, Volume 2, Issue (Supplement 1)

XVI. Castelo-Baz P, Martin-Biedma B, Lopes MM, Pires-Lopes L, Silveira J, López-Rosales E, Varela-Patiño P. Ultramicroscopic study of the interface and sealing ability of four root canal obturation methods: Resilon versus gutta-percha. Aust Endod J. 2013 Dec;39(3):159-63

XVII. Keleş A, Alcin H, Kamalak A, Versiani MA. Micro-CT evaluation of root filling quality in oval-shaped canals. Int Endod J. 2014 Dec;47(12):1177-84

XVIII. Setya G, Nagpal A, Kumar S, Ingle NA. Comparison of root canal sealer distribution in obturated root canal: An in-vitro study. J Int Soc Prev Community, Dent. 2014 Sep;4(3):193-7

XIX. Samiei M., Aghazadeh M., Farhadi F., Shahveghar N., Torab A., Pakdel SMV, Sealing Efficacy of Single-cone Obturation Technique with MTA and CEM Cement: An in Vitro Bacterial Leakage Study, J Dent Res Dent Clin Dent Prospect 2014;8(2):77-83

XX. Haute Autorité de Santé, TRAITEMENT ENDODONTIQUE Rapport d'évaluation technologique. Sep 2008. http://www.has-sante.fr/portail/jcms/c_736791/fr/traitement-endodontique

XXI. Marciano MA., Ordinola-Zapata R., Cunha TVRN., Duarte MAH., Cavenago BC., Garcia RB., Bramante CM., Bernardineli N., Moraes IG., Analysis of four gutta-percha techniques used to fill mesial root canals of mandibular molars. International Endodontic Journal, 2011, 44: 321–329

XXII. DeLong C., Jianing He J., Karl F. Woodmansey KF, The Effect of Obturation Technique on the Push-out Bond Strength of Calcium Silicate Sealers, Journal of Endodontics, March 2015, Volume 41, Issue 3, Pages 385–388

XXIII. 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. 2007. Feb;33(2):106-9

XXIV. Rossetto DB, Fernandes SL, Cavenago BC, Duarte MA, Ordinola-Zapata R, de Andrade FB. Influence of the method in root canal filling using active lateral compaction techniques. Braz Dent J. 2014;25(4):295-301

XXV. Kok D, Húngaro Duarte MA, Abreu Da Rosa R, Wagner MH, Pereira JR, Só MV, Evaluation of epoxy resin sealer after three root canal filling techniques by confocal laser scanning microscopy. Microsc Res Tech. 2012 Sep;75(9):1277-8

Serment d'Hippocrate

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

Je promets et je jure, au nom de l'Etre Suprême, d'être fidèle aux lois de l'Honneur et de la probité dans l'exercice de La Médecine Dentaire.

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

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

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

Je garderai le respect absolu de la vie humaine dès sa conception.

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

SUSO Elodie

EVALUATION DE L'ETANCHEITE DE DEUX TECHNIQUES D'OBTURATION CANALAIRE EN MICROSCOPIE CONFOCALE

Thèse : Chirurgie Dentaire, Nice, **2015, n° 42-57-16-14**

Directeur de thèse : MEDIONI Etienne

Mots-clés : étanchéité, obturation, gutta, technique, CPoint®, endodontie, traitement canalaire, System B®, microscopie confocale, ciment

Résumé : Devant l'essor de nouvelles techniques d'obturation et de nouveaux matériaux, quels choix faire ? Il semble nécessaire de réaliser une revue de littérature sur les techniques d'obturation. Aussi, une étude sur dents extraites est réalisée. L'objectif est de comparer deux techniques de remplissage canalaire différentes: la technique monocône avec le CPoint® et la technique de compactage vertical à chaud en une vague du System B®.

Le ciment de scellement est marqué à l'aide d'un fluorochrome (la rhodamine B). Les canaux sont obturés avec l'une des deux techniques choisie au hasard, et les dents sont incluses dans de la résine. Des coupes transversales à 2, 5 et 9mm sont réalisées puis observées en microscopie confocale à balayage laser. On mesure le pourcentage de vides à 2mm et les longueurs de pénétration de ciment dans les tubuli à tous les niveaux.

L'analyse des résultats montre une différence statistiquement significative ($p=0,0239$) sur le pourcentage de vides à 2 mm en faveur du SystemB® (2,0 ± 3,3 % contre 8,8 ± 9,8%). Concernant la longueur de pénétration du ciment dans les tubuli, il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les groupes CPoint® et System B® à 2, 5 et 9 mm ($p>0,05$). Les résultats observés nous permettent de conclure que la technique d'obturation n'a pas d'impact sur le test d'étanchéité réalisé.

D'autres moyens d'évaluation de l'étanchéité (micro-CT scan, test de pénétration bactérienne) pourraient confirmer ou infirmer les résultats de cette étude, en incluant les dents pluriradiculées et des canaux courbes. D'autres critères tels que la guérison clinique pour des études *in vivo* complèteraient cette évaluation.