



**HAL**  
open science

# Évaluation comparée de l'étanchéité et de l'herméticité canales de deux ciments de scellement endodontique

Sandra Balbi

► **To cite this version:**

Sandra Balbi. Évaluation comparée de l'étanchéité et de l'herméticité canales de deux ciments de scellement endodontique. Médecine humaine et pathologie. 2016. dumas-01359635

**HAL Id: dumas-01359635**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01359635>**

Submitted on 2 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.

UNIVERSITÉ NICE-SOPHIA ANTIPOLIS  
FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE  
24 Avenue des Diablos Bleus, 06357 Nice Cedex 04

# EVALUATION COMPAREE DE L'ETANCHEITE ET DE L'HERMETICITE CANALAIRES DE DEUX CIMENTS DE SCELLEMENT ENDODONTIQUE

---

---

Année 2016

Thèse n° 42-57-16-13

## THÈSE

Présentée et publiquement soutenue devant  
la Faculté de Chirurgie Dentaire de Nice  
Le mardi 10 mai 2016  
par

**Mademoiselle Sandra BALBI**

Né(e) le 19 février 1991 à Samedan (Suisse)

Pour obtenir le grade de :

**DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE**  
(Diplôme d'État)

**Examineurs :**

Monsieur le Professeur  
Monsieur le Professeur  
Madame le Docteur  
Madame le Docteur  
Monsieur le Professeur

ROCCA Jean-Paul  
MEDIONI Etienne  
BRULAT-BOUCHARD Nathalie  
VOHA Christine  
PALLANCA Claude

Président du jury  
Directeur de thèse  
Assesseur  
Assesseur  
Membre invité



# EVALUATION COMPAREE DE L'ETANCHEITE ET DE L'HERMETICITE CANALAIRES DE DEUX CIMENTS DE SCELLEMENT ENDODONTIQUE

---

---

Année 2016

Thèse n°42-57-16-13

## THÈSE

Présentée et publiquement soutenue devant  
la Faculté de Chirurgie Dentaire de Nice  
Le mardi 10 mai 2016  
par

**Mademoiselle Sandra BALBI**

Né(e) le 19 février 1991 à Samedan (Suisse)

Pour obtenir le grade de :

**DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE**  
(Diplôme d'État)

**Examineurs :**

Monsieur le Professeur  
Monsieur le Professeur  
Madame le Docteur  
Madame le Docteur  
Monsieur le Professeur

ROCCA Jean-Paul  
MEDIONI Etienne  
BRULAT-BOUCHARD Nathalie  
VOHA Christine  
PALLANCA Claude

Président du jury  
Directeur de thèse  
Assesseur  
Assesseur  
Membre invité

## 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  
Professeur des Universités : M. COCHAI Patrice  
Professeur des Universités : M. SAVOLDELLI Charles  
Professeur des Universités : M. HARNET Jean-Claude  
Assistant Hospitalier Universitaire : M. PAUL Adrien

# ENSEIGNANTS

## CORPS ENSEIGNANT

### 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

# REMERCIEMENTS

## REMERCIEMENTS AUX MEMBRES DU JURY

**Au Président de jury:**

**Monsieur le Professeur ROCCA Jean-Paul**  
Professeur Emérite

*Je vous suis très reconnaissante de me faire l'honneur de présider ce jury, et vous prie d'accepter,  
Monsieur, mes respectueux remerciements.*

**Au directeur de thèse:**

**Monsieur le Professeur MEDIONI Etienne**  
Professeur des Universités

*Je vous remercie de m'avoir guidée et soutenue dans la rédaction de cette thèse sous votre direction, ainsi que pour  
l'enseignement de votre savoir en endodontie tout au long de ma formation.*

**Au jury de thèse:**

**Madame le Docteur BRULAT-BOUCHARD Nathalie**  
Maître de Conférences des Universités

*Je vous suis sincèrement reconnaissante pour votre présence dans ce jury de thèse, et vous remercie pour tous vos  
conseils et votre encouragement durant mon cursus à l'université ainsi qu'à l'hôpital.*

**Au jury de thèse:**

**Madame le Docteur VOHA Christine**  
Maître de Conférences des Universités

*Je vous remercie d'avoir accepté chaleureusement de participer à cette thèse, ainsi que pour votre gentillesse et  
votre aide en clinique durant toutes mes années de formation.*

**Au membre invité:**

**Monsieur le Professeur PALLANCA Claude**  
Docteur en chirurgie dentaire

*C'est un très grand honneur pour moi d'avoir accepté d'être présent dans ce jury de thèse.*

# REMERCIEMENTS

## REMERCIEMENTS

*La microscopie a été réalisée dans l'institut Prism «Plateforme PRISM - IBV - CNRS UMR 7277 - INSERM U1091-UNS»*

*Nous remercions Magali Mondin pour son aide.*

*Nous remercions la société Komet de nous avoir fourni les instruments.*



# PLAN

## I

### INTRODUCTION

Page-12

#### I - 1 De l'importance de l'obturation à l'importance de l'étanchéité dans le traitement endodontique

- ▶ Comment les évaluer cliniquement ?
- ▶ Quelle est la portée clinique des évaluations *in vitro* ?

#### I - 2 Rappels

Page-14

##### I - 2.1 Les matériaux d'obturation canalaire

###### I - 2.1.1 Les ciments d'obturation endodontique

- ▶ Cahier des charges
- ▶ Classification des ciments
- ▶ Tableau synthétique des différents types de ciments endodontiques

###### I - 2.1.2 La gutta percha et les matériaux solides

##### I - 2.2 Les techniques de remplissage canalaire

###### I - 2.2.1 Les techniques de référence : compactage latéral à froid et compactage vertical à chaud

###### I - 2.2.2 Les techniques actuelles :

- ▶ thermo compactage et technique mixte
- ▶ systèmes à tuteur
- ▶ compactage vertical à chaud en une seule vague (systemB®)
- ▶ tableau synthétique des méthodes d'obturation les plus courantes

#### I - 3 La méthodologie d'évaluation de l'étanchéité

Page-26

##### I - 3.1 Le test de pénétration d'un colorant

##### I - 3.2 Le test de pénétration bactérienne

##### I - 3.3 Le test de filtration des fluides (test de pénétration des fluides sous pression)

##### I - 3.4 Le test de pénétration de radio-isotopes

##### I - 3.5 Le test de pénétration de glucose

##### I - 3.6 L'évaluation au microscope confocal des vides canaux et de la pénétration de ciment dans les tubuli dentinaires

##### I - 3.7 Tableau synthétique des différents tests d'évaluation de l'étanchéité

# PLAN

## II

### REVUE DE LA LITTÉRATURE

Page-33

#### II - 1 Résultats d'études sur les ciments d'obturation canalaire et l'étanchéité

- ▶ études comparant l'étanchéité apicale du ciment AH Plus® à d'autres ciments
- ▶ études comparant l'étanchéité apicale des ciments à base de biocéramique
- ▶ études comparant l'étanchéité apicale du ciment MTA Fillapex® à d'autres ciments

#### II - 2 Résultats d'études sur les techniques de mise en place du ciment et l'étanchéité apicale

#### II - 3 Synthèse

## III

### OBJECTIF DE L'ÉTUDE

Page-45

#### III - 1 Objectif

#### III - 2 Les deux différents ciments comparés dans cette étude

## IV

### MATERIEL ET METHODES

Page-47

#### IV - 1 Recueil des dents

#### IV - 2 Préparation canalaire

#### IV - 3 Techniques d'obturation et sélection des groupes

#### IV - 4 Sections et analyses au microscope

#### IV - 5 Tests statistiques

# PLAN

## V

### RESULTATS

Page-51

V - 1 Comparaison des longueurs de pénétration de ciment dans les tubuli dentinaires par niveau de coupe selon le ciment

V - 2 Comparaison à 2mm du pourcentage de vides selon le ciment

V - 3 Comparaison des longueurs de pénétration de ciment dans les tubuli par niveau de coupe selon les associations technique/ciment

V - 4 Comparaison à 2mm du pourcentage de vides selon l'association technique/ciment

## VI

### DISCUSSION

Page-58

VI - 1 Discussion du protocole

VI - 2 Discussion des résultats

VI - 3 Incidences cliniques

## VII

### CONCLUSION

Page-62

## VIII

### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Page-63

# FIGURES ET TABLEAUX

## LISTE DES FIGURES

- ▶ **Figures 1a et b.** Parois dentinaires intra-canalaires (observées au microscope électronique à balayage) auxquelles doit s'adapter parfaitement le ciment d'obturation jusqu'à la pénétration intra-tubulaire 12
- ▶ **Figure 2.** Exemple de modèle de filtration des fluides 27
- ▶ **Figure 3.** Système d'immersion des échantillons dans la solution radioactive selon Haikel 28
- ▶ **Figure 4.** Modèle de pénétration de glucose décrit par Xu et al. et Kececi et al. 29
- ▶ **Figure 5.** Exemple d'image obtenue au MCBL mettant en évidence des vides canauxaires à l'interface dentine-ciment 30
- ▶ **Figure 6.** Exemple d'image obtenue au MCBL mettant en évidence la pénétration du ciment dans les tubuli dentinaires 31
- ▶ **Figures 7a et b.** SmartPaste Bio® (Smartseal) 46
- ▶ **Figures 8a et b.** AH Plus® (Dentsply) 46
- ▶ **Figures 9a et b.** Irrigation finale 48
- ▶ **Figure 10.** Inclusion des dents dans la résine 49
- ▶ **Figures 11a, b, c et d.** Coupes et polissage 50
- ▶ **Figure 12a et b.** Coupes analysées au microscope confocal 50
- ▶ **Figures 13 A, B, C, D, E, et F.** Histogrammes comparant les moyennes de pénétration maximale de ciment dans les tubuli, et histogrammes en boîte de Tukey donnant la médiane, les valeurs maximale et minimale et les quartiles des longueurs de pénétration de ciment à chaque niveau de coupe 51
- ▶ **Figure 14.** Pourcentage de vides à 2mm en fonction des ciments 52

# FIGURES ET TABLEAUX

- ▶ **Figures 15 A, B, et C.** Histogrammes en boîte comparant les longueurs de pénétration de ciment à chaque niveau de coupe en fonction des associations techniques/ciments **53**
- ▶ **Figure 16.** Medianes et écart-types des pourcentages de vides à 2mm en fonction des groupes **55**
- ▶ **Figures 17 A, B, C et D.** Images d'échantillons représentatifs des groupes en profondeur de pénétration de ciment dans les tubuli à chaque niveau de coupe **56**
- ▶ **Figure 18 A, B, C, et D.** Images d'échantillons représentatifs des groupes en pourcentage de vides à 2mm **57**
- ▶ **Figure 19.** Grandissement x25 et x63 au microscope confocal mettant en évidence la pénétration de ciment dans le réseau dentinaire **57**

## LISTE DES TABLEAUX

- ▶ **Tableau 1.** Tableau synthétique des différents types de ciments endodontiques **18**
- ▶ **Tableau 2.** Tableau récapitulatif des propriétés de la Gutta-percha **19**
- ▶ **Tableau 3.** Tableau synthétique des méthodes d'obturation les plus courantes **25**
- ▶ **Tableau 4.** Caractéristiques des tubuli **30**
- ▶ **Tableau 5.** Tableau synthétique des différents tests d'évaluation de l'étanchéité **32**
- ▶ **Tableau 6.** Etudes comparant l'étanchéité apicale du ciment AH Plus® à d'autres ciments **33**
- ▶ **Tableau 7.** Etudes comparant l'étanchéité apicale des ciments à base de biocéramique **37**

# FIGURES ET TABLEAUX

- ▶ **Tableau 8.** Etudes comparant l'étanchéité apicale du ciment MTA Fillapex® à d'autres ciments 39
- ▶ **Tableau 9.** Etudes comparant les techniques de mise en place du ciment et l'étanchéité apicale 41
- ▶ **Tableau 10.** Comparaison des moyennes, des écart-types et de la probabilité P des longueurs de pénétration de ciment dans les tubuli dentinaires à chaque niveau de coupe en fonction du ciment 52
- ▶ **Tableau 11.** Comparaison de la probabilité P des longueurs de pénétration de ciment entre les niveaux de coupe en fonction du ciment 52
- ▶ **Tableau 12.** Comparaison des moyennes, des écart-types et de la probabilité P des pourcentages de vides à 2mm en fonction du ciment. 52
- ▶ **Tableau 13.** Probabilité P entre les niveaux de coupe pour chaque groupe 53
- ▶ **Tableau 14.** Comparaison 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 54
- ▶ **Tableau 15.** Probabilité P entre les groupes deux à deux pour chaque niveau 54
- ▶ **Tableau 16.** Comparaison des moyennes et écart-types des pourcentages de vides à 2mm en fonction de chaque groupe 55
- ▶ **Tableau 17.** Probabilités P des pourcentages de vides à 2mm en fonction de chaque groupe 55

## INTRODUCTION

La triade du traitement endodontique par voie orthograde est définie par Marmasse : pénétration, préparation, et obturation.

L'obturation constitue la dernière étape du traitement endodontique, et c'est elle qui va en assurer la pérennité.

### I - 1 De l'importance de l'obturation à l'importance de l'étanchéité dans le traitement endodontique.

L'obturation endodontique correspond au remplissage du réseau canalaire préalablement mis en forme, effectué à l'aide d'un matériau ou d'une combinaison de matériaux biocompatibles. Son but est de s'opposer à la pénétration de bactéries en scellant le plus hermétiquement possible, de façon durable et tridimensionnelle tout le réseau canalaire. (26)

D'après Castelo-Baz et al., l'obturation tridimensionnelle du réseau canalaire est essentielle pour le succès du traitement endodontique (18) ; elle permet de prévenir la contamination bactérienne et la percolation coronaire, et au niveau apical la contamination par les fluides des tissus péri-apicaux, et elle crée un environnement biologique favorable pour la guérison. (5)

Le principal défi du traitement endodontique, après mise en forme et antisepsie, est d'obtenir une parfaite **étanchéité** de l'obturation, et en particulier une bonne étanchéité apicale, pour garantir la pérennité de l'acte endodontique.

L'**étanchéité apicale** peut être définie comme le scellement endodontique du tiers apical, s'opposant au passage des fluides, pouvant provenir de la voie coronaire (le plus souvent) ou de la voie apicale, dans les deux sens. (26) Un scellement apical impropre constitue une des causes d'échec du traitement endodontique les plus communes. (35)

Le **ciment de scellement** a un rôle prépondérant dans l'étanchéité du traitement endodontique, il est souvent considéré comme plus important que le matériau central d'obturation lui-même. (117) Il permet de sceller hermétiquement le canal, de combler les irrégularités canalaires entre les murs canalaires et le matériau central, et il permet d'enfermer les micro-organismes qui peuvent persister dans les tubuli dentinaires (jusqu'à 150microns dans la dentine des dents nécrosées (116)), et sur les parois canalaires (111) : les bactéries résiduelles peuvent ainsi soit être tuées par les propriétés antibactériennes persistantes après la prise de certains ciments de scellement, soit être privées de nutrition et d'espace pour se multiplier. (140) (112)

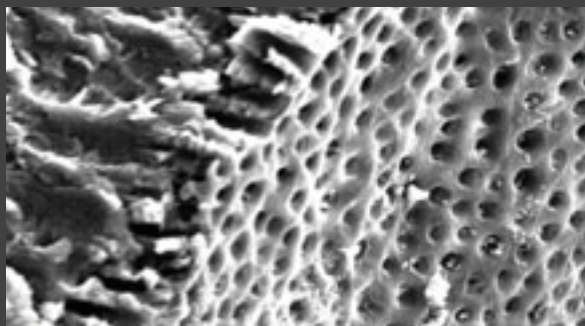


Figure 1a



Figure 1b

Figures 1a et b. Parois dentinaires intra-canalaires observées au microscope électronique à balayage auxquelles doit s'adapter parfaitement le ciment d'obturation jusqu'à la pénétration intra-tubulaire: figure 1a (73), figure 1b (59)

## ► Comment les évaluer cliniquement ?

La qualité de l'obturation endodontique est considérée comme un facteur important pour le pronostic du traitement endodontique. (23)

L'évaluation d'un traitement endodontique se fait dès la fin de l'obturation par un contrôle radiographique (document médico-légal), puis un suivi est mis en place pour contrôler la guérison d'une lésion péri-apicale à 3, 6 mois, 1 an et jusqu'à 4 ans. (38)

L'étanchéité d'un traitement endodontique est évaluée à différents niveaux, radiographiquement et cliniquement:

Radiographiquement	Cliniquement
<ul style="list-style-type: none"><li>► Longueur de l'obturation par rapport à l'apex radiographique: le taux de succès des traitements endodontiques est le plus élevé pour les obturations entre 0 et 2mm de l'apex radiographique (97)</li><li>► Densité du matériau d'obturation (radio-opacité, homogénéité, absence de vide) : une bonne densité est associée à un plus faible risque d'échec du traitement (24)</li><li>► Absence de radio-clarté péri-radulaire: si une lésion péri-apicale persiste plus de 4 ans, le traitement canalaire est considéré comme un échec d'après les recommandations de la Société Européenne d'Endodontie de 2006 (38)</li><li>► Absence d'épaississement du ligament parodontal</li><li>► Absence de signe de résorption radulaire</li><li>► Absence d'infection sinusienne</li><li>► Obturation des canaux latéraux : plusieurs études ont rapporté un succès endodontique après obturation des canaux latéraux (8)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>► Dureté du matériau d'obturation</li><li>► Absence de symptomatologie clinique (douleur, fistule, abcès)</li></ul>

## ► Quelle est la portée clinique des évaluations *in vitro* ?

L'évaluation des matériaux et des techniques d'obturation pour connaître leur degré d'étanchéités apicale et coronaire est un domaine important de la recherche endodontique (141) : les tests réalisés en laboratoire restent notre seul moyen d'évaluer et d'indiquer, dans des conditions souhaitées les plus proches de la clinique, les performances cliniques des matériaux utilisés. (65)

Une question récurrente est de savoir si ces tests d'évaluation de l'étanchéité des obturations réalisés *in vitro* sont prédictibles dans les conditions d'utilisation clinique (9), et de déterminer la relation entre les défauts d'étanchéité testés *in vitro* et le succès ou l'échec cliniques des traitements endodontiques. (91) (34)

Il est difficile de reconnaître si le test d'évaluation de l'étanchéité le plus approprié à la clinique correspond à la technique la plus discriminatoire, ou bien si cette dernière est trop sensitive et donne des résultats n'ayant pas de signification clinique. (128)

Selon certains auteurs, de plus amples investigations sont nécessaires pour déterminer le degré de non-étanchéité pouvant être pathologique au niveau clinique. (65) Pour être validés, ces tests devraient être corrélés à des études cliniques prospectives randomisées, montrant le succès du traitement endodontique à 4 ans.



## I - 2 Rappels

### I - 2.1 Les matériaux d'obturation canalaire

#### I - 2.1.2 La Gutta-percha et les matériaux solides

Le ciment endodontique joue plusieurs rôles :

- ▶ De lubrifiant lors de l'insertion de la Gutta-percha
- ▶ D'obturation des irrégularités de la préparation
- ▶ Il est nécessaire pour obtenir un joint d'étanchéité entre la Gutta et les parois canalaires des canaux préparés et désinfectés. (99)

Une couche de ciment doit avoir une épaisseur minimale pour être aussi stable que possible (4), car l'épaisseur de ciment influence de façon significative la capacité de scellement des obturations endodontiques. (142)

Des études ont montré que certains ciments endodontiques présentaient une meilleure étanchéité pour des épaisseurs de ciment pouvant varier de 6.35µm jusqu'à 0.38mm. (142) (28)

#### Cahier des charges

Les critères de qualité d'un ciment de scellement selon Grossman sont variés (46), mais aucun des ciments à l'heure actuelle n'y répond totalement:

- ▶ Bonne adhésion entre le ciment et les murs canalaires : Kamootil et Messer rappellent que la pénétration intra-tubulaire du ciment endodontique permet d'augmenter la rétention du matériel, et améliore le scellement (76)
- ▶ Doit permettre un scellement hermétique du canal à la fois latéralement et apicalement
- ▶ Radio opaque (selon la norme ISO 6876)
- ▶ Les particules de poudre doivent être très fines pour pouvoir être facilement mélangées avec le liquide
- ▶ Absence de rétraction après insertion du ciment pendant sa prise
- ▶ Ne doit pas colorer la structure dentaire
- ▶ Doit être bactéricide ou tout au moins bactériostatique (ne pas permettre la croissance bactérienne)
- ▶ Doit être à prise lente
- ▶ Doit être insoluble dans les fluides tissulaires
- ▶ Biocompatible : ne pas irriter les tissus péri-apicaux ; Schmalz en 2003 y ajoute une propriété biologique qu'est la stimulation du processus de cicatrisation
- ▶ Facilement désobturable si nécessaire en utilisant un solvant (32) (59)

## Classification des ciments

Il y a différents types de ciments : ils peuvent être à base d'oxyde de zinc-eugénole, à base de résine, de silicone, d'hydroxyde de calcium, de verre ionomère, de résine composite hautement chargée, de biocéramique, de MTA, ou de Biodentine®. (59), (25), (61), (102), (114)

### Ciments à base d'oxyde de zinc-eugénole

Ils se présentent sous la forme d'un mélange poudre (à base d'oxyde de zinc) et liquide (eugénole, c'est-à-dire l'allylgaïcol ou  $C_{10}H_{12}O_2$ ) ; d'autres composants y sont ajoutés, et varient en fonction de la formule utilisée (formules de Rickert ou de Grossman). La réaction de prise est une réaction de chélation : l'oxyde de zinc réagit tout d'abord avec l'eau et se dissocie formant l'hydroxyde de zinc  $Zn(OH)_2$  ; ce dernier va alors réagir avec l'eugénole pour donner du chélate d'eugénole de zinc et d'eau, qui est une molécule à liaisons faibles. L'eugénole présente une cytotoxicité initiale, mais qui diminue continuellement, ce type de ciment a donc une bonne biocompatibilité à moyen et long termes. Ils ont à la fois des propriétés analgésique, anti-inflammatoire, antifongique et bactéricide (si la concentration est de  $10^{-2}$  mol/L). On a une résorption du ciment en cas d'extrusion dans les tissus péri-apicaux (7), une bonne stabilité dimensionnelle, et un temps de prise lent, mais leur capacité d'adhérence reste malheureusement faible.

Parmi ces ciments, on retrouve de façon non exhaustive le Pulp Canal Sealer®, le Sealite Regular®, l'Endomethasone N®, le Roth 801®, le Sultan®, et cetera.

### Ciments à base de verre ionomère

Ce sont des ciments dont la réaction de prise est une réaction acido-basique, qui se réalise par mélange d'une poudre (fluoroaluminosilicate) et de liquide (copolymère d'acide polyacrylique).

Leur adhésion spontanée à la dentine est excellente, et ils ont une bonne biocompatibilité. Ils sont également très difficiles à désobturer, du fait de leur dureté et de l'absence de solvant efficace.

Ils ont un effet antibactérien immédiat mais qui diminue avec le temps, et ne sont pas résorbés dans les tissus péri apicaux.

Le Ketac Endo® et l'Endodion® en font partie.

### Ciments à base d'hydroxyde de calcium

Ils sont formés par mélange d'une base, qui contient de l'hydroxyde de calcium, des oxydes de zinc et de calcium ainsi que des adjuvants, et d'un catalyseur (résine type polyméthylènesalicylate).

Ils se qualifient par une bonne stabilité dimensionnelle, mais n'ont pas d'activité antimicrobienne ni de potentiel ostéogénique démontré. Ils présentent également une résorption à long terme, entraînant une perte d'étanchéité, parce qu'ils se dissolvent dans les tissus avec le temps.

Il existe là-aussi bon nombre de marques différentes de ciments à base d'hydroxyde de calcium : AcroSeal®, Sealapex®, Apexit®, Endoflas®, CRCS® (calciobiotic root canal sealer),...

## Ciments à base de silicone

Ils sont à base de polydiméthylsiloxane, et peuvent être utilisés soit comme ciment de scellement canalair en Gutta condensée (Roeko Seal RSA®), soit en technique monocône (Gutta Flow® qui correspond à de la Gutta Percha rajoutée au Roeko Seal®).

Ils ne présentent aucune activité bactérienne, ni d'adhésion à la dentine ; cependant, le Gutta Flow® a une légère expansion de prise lors de sa mise en place, améliorant son adaptation aux murs dentinaires. (83)  
Ils ont une bonne stabilité dimensionnelle et une bonne biocompatibilité.

Selon certaines études, on n'obtient pas d'étanchéité apicale durable avec ce type de ciments avec la technique de compaction verticale à chaud. (83)  
Cependant, d'autres études montrent l'absence de différence significative pour l'étanchéité apicale entre Roeko Seal® et AH26®, et une étanchéité supérieure avec Gutta Flow®. (95)

## Nouveaux matériaux adhésifs à base de résine composite hautement chargée

Pour ces ciments, tels que le Real-Seal® ou l'Epiphany®, la Gutta Percha est généralement remplacée par le Resilon.

Il s'agit d'un système adhésif DUAL, ou le primer est d'abord appliqué puis le ciment (à base de matrice Bis-GMA, UDMA, méthacrylates, etc.); ils ont une forte adhésion à la dentine, et une bonne biocompatibilité. Ils n'ont pas d'action antibactérienne, mais une meilleure étanchéité apicale commence à être démontrée avec Resilon/Epiphany que Gutta-percha/AHPlus comme on le verra plus en détail dans la revue de littérature. (135)

Il a été montré que la valeur d'adhésion à la dentine pouvait être diminuée avec l'utilisation de chlorhexidine et d'eau par rapport à l'utilisation de NaOCl et NaOCl/EDTA. (138)

Ils ont une très bonne biocompatibilité mais une toxicité initiale due à l'adhésif (ils fonctionnent selon le schéma des systèmes adhésifs auto-mordants). Ils sont très sensibles aux fluides.

## Ciment à base de Biodentine

Un tout nouveau ciment dérivé de la Biodentine® a été mis au point récemment pour les traitements endodontiques orthogrades: le Bioroot RCS®, utilisé sous forme d'un mélange poudre-liquide. La Biodentine® lui confère un temps de prise court (<4h), et d'excellentes propriétés : biocompatibilité, bioactivité, et biominéralisation (106) : le Bioroot RCS® induit la sécrétion de facteurs de croissance angiogéniques et ostéogéniques. (14)

Il est composé de silicate de tricalcium, de carbonate de calcium, d'oxyde de zirconium, et d'un liquide à base d'eau contenant du chlorure de calcium; deux articles ont été publiés aujourd'hui sur ses propriétés; ils montrent l'absence de toxicité de ce ciment par rapport aux autres familles de ciments de scellement canalair. (14)(106)

Il est hydrophile, et permet la formation d'hydroxyde de calcium; il présente une bonne adhésion à la dentine et aux cônes de Gutta, une bonne fluidité pour l'obturation des canaux latéraux, et une bonne étanchéité avec les techniques d'obturation à chaud. (57)

## Ciments à base de MTA

La prise du MTA correspond à l'hydratation d'oxydes minéraux anhydres, qui produit des silicates de calcium hydratés et de l'hydroxyde de calcium, ce qui induit une expansion, et améliore ainsi le scellement. (45)

Les ciments à base de MTA sont basés sur le MTA (mineral trioxide aggregate: composé majoritairement de ciment de Portland de type I, et d'environ 20% d'oxyde de bismuth pour la radio opacité), avec adjonction de substances additionnelles permettant d'obtenir une consistance adaptée pour l'utilisation dans les traitements endodontiques par voie orthograde. (45)

Ils ont un temps de prise long (74), et des propriétés hydrophiles : l'humidité (fluides biologiques, sang) est essentielle pour permettre la réaction de prise, et induire des processus bioactifs grâce à la formation de cristaux d'apatite précipités (44) ; ils sont biocompatibles et ont un potentiel bioactif, grâce au MTA qui :

- ▶ accroit la prolifération des fibroblastes du ligament parodontal
- ▶ induit la différenciation des ostéoblastes
- ▶ stimule la minéralisation des cellules pulpaires. (113)

Ils comprennent le MTA Fillapex®, le MTA Obtura®, etc.

## Ciments à base de polymères résineux

Sous forme de mélange pâte-pâte, les ciments de scellement résineux présentent une bonne adhérence à la dentine et à la Gutta Percha, une bonne étanchéité, ainsi qu'une bonne résistance à la compression.

Leur résistance à la résorption est également un atout en terme d'étanchéité, mais peut être un inconvénient en cas de puff dans la zone péri-apicale, même s'ils sont biocompatibles et ont un effet antibactérien important.

Ils peuvent être à base de résine époxy (introduits en endodontie par Schröder (77) ) ou de résine méthacrylate, et sont insolubles dans les solvants, en cas de reprise de traitement endodontique.

On peut citer : AH26®, AH Plus® (qui est une formule modifiée de AH26® sans relargage de formaldéhyde toxique), Diaket®, Endo-REZ®, RealSeal®,...

## Ciments à base de biocéramique

Les ciments à base de biocéramique sont composés d'hydroxyde de zirconium, de silicates de calcium, de phosphates de calcium monobasique, d'hydroxyde de calcium et d'adjuvants.

Radio-opaques et à pH alcalin, ils ont une très bonne biocompatibilité et une forte activité antibactérienne, et leur adhérence entre la dentine et le matériau d'obturation est due à leur capacité à former de l'hydroxyapatite durant la prise. (16)

Les spécialités à base de biocéramique sont le ciment Endosequence® bioce-ramic, l'iRoot SP® ou encore le nouveau SmartPaste Bio® que l'on étudiera par la suite. Les fabricants conseillent leur emploi avec des techniques à froid (compactage latéral ou monocône).

Tableau 1. Tableau synthétique des différents types de ciments endodontiques

Type de ciment	Oxyde de zinc eugéno	Résine époxy ou méthacrylate	Hydroxyde de calcium	Verre ionomère	Silicone	Résine composite	Bio-céramique	MTA	Bio dentine
<b>Spécialités</b>	Pulp Canal Sealer, Sealite Regular, Endomethasone N, Roth 801, Sultan	AH26 AHPlus Diaket, Endo-REZ, RealSeal	AcroSeal Sealapex Apexit, CRCS	Ketac Endo, Endo-dion	Roeko Seal RSA Gutta Flow	Real-Seal, Epiphany	Endosequence bio-céramic, iRoot SP, Hy-SealBio	MTA-Fillapex, MTA Obtura	Bio-root RCS
<b>Adhérence</b>	+/-	+		+	-	+	+		++
<b>Etanchéité</b>	+	+	+/-	+/-	+	+	+		+
<b>Résistance à la résorption</b>		+	-						
<b>Biocompatibilité</b>	+	+	+	+	+	+	++	++	++
<b>Effet antibactérien</b>	+	+	-	+/-	-	-	+		
<b>Absorption si extrusion</b>	+	-	+	-					
<b>Stabilité dimensionnelle</b>	+		+		+				
<b>Désobturable</b>	+	+		-					+
<b>Potentiel neurotoxique</b>	++	+	+						
<b>Prise</b>	Temps de prise lent				Légère expansion de prise			Temps de prise lent	Temps de prise court
<b>Réaction de prise</b>	Mélange poudre + liquide: réaction de chélation	Mélange pâte-pâte	Mélange d'une base et d'un catalyseur	Mélange poudre + liquide : réaction acido-basique		Réaction de photo- et auto-poly-mérisation (=DUAL)			

## I - 2.1.2 La Gutta Percha et les matériaux solides

### ► Gutta Percha

La Gutta Percha,  $(C_5H_8)_n$  ou trans-polyisoprène, représente le matériau d'obturation canalaire le plus fréquemment utilisé ; il constitue le matériau standard auquel sont comparés les autres matériaux d'obturation. (98)

Les cônes de Gutta-percha utilisés en endodontie se composent essentiellement de Gutta-percha

(20-25%), d'oxyde de zinc (35-75%) conférant aux cônes une activité antibactérienne, du sulfate de baryum (2-30%) pour la radio-opacité, des plastifiants (cires et résines: 1-4%), et des colorants (érythrosine,...) (60)

Tableau 2. Tableau récapitulatif des propriétés de la Gutta-percha ((59) , (25) , (60)) :

Propriétés	Conséquences	Implication clinique
<b>Oxydation à l'air et à la lumière</b>	► devient cassante	► conservation au frais et à l'abri de la lumière
<b>Solubilité</b>	► soluble dans le chloroforme, l'eucalyptol et l'essence de térébenthine et insoluble dans l'eau, l'éther et l'alcool	► facilement désobturable avec des solvants connus
<b>Pas d'adhérence à la dentine</b>		► utilisation d'un ciment endodontique
<b>Conductibilité thermique faible</b>	► transmission de la chaleur que quelques millimètres au-delà de l'instrument chauffé	► avantage pour le compactage à chaud
<b>Dilatation thermique élevée</b>	► augmentation de volume au chauffage et contraction au refroidissement (bonne stabilité dimensionnelle)	► compaction et maintien sous pression de la Gutta-percha réchauffée lors de l'obturation
<b>Faible résistance à la compression</b>	► diminution de volume par déformation et comblement des vides internes du matériau	► compressible donc bonne adaptation aux parois canalaire lors du compactage latéral
<b>Faible élasticité</b>	► cassante mais restant stable dimensionnellement avec le temps	► obturation par compactage, sans que la Gutta-percha ne retrouve son volume initial après obturation
<b>Radio-opacité</b>		► évaluation radiographique possible des obturations
<b>Viscosité</b>	► inversement proportionnelle à la température	► risque de dépassement apical si trop visqueuse
<b>Biocompatibilité</b>	► toxicité minimale, propriétés antibactériennes	► aucune réaction d'ordre générale
<b>Non-résorbable</b>	► non résorbable au-delà de l'apex	► en cas de dépassement considéré comme un corps étranger
<b>Rigidité</b>	► plus importante à basse température, plus fragile	► importance du bon positionnement du maître cône lors de l'obturation

### ► Activ GP

Utilisé en technique monocône avec un ciment verre ionomère, il s'agit d'un cône de Gutta-percha imprégné sur sa surface d'un verre ionomère. (59)

### ► Resilon

A base de polycaprolactone contenant du diméthacrylate, il peut être utilisé en compaction latérale, compaction verticale ou latérale à chaud, ou en injection thermoplastique. (59)

Ce nouveau polymère synthétique a la capacité de se coupler aux adhésifs dentinaires et aux ciments de scellement à base de résine (contrairement à la Gutta-percha). (25)

De nos jours d'autres systèmes d'obturation à base de résine tels que RealSeal, Epiphany, Resinate,... ont été introduits comme une alternative à la Gutta-percha.

Avec l'utilisation de ce type de matériaux, l'élimination de la smear layer en rinçage final avec de l'EDTA est recommandée pour améliorer l'étanchéité et le scellement des obturations canalaires. (66)

D'après une étude de 2008, il n'y a pas de différence significative en terme d'étanchéité à 65 jours, entre les obturations à l'aide d'Activ GP/ciment verre ionomère, celles avec Resilon/Epiphany et celles avec Gutta-percha/AH Plus. (42)

## I - 2.2 Les techniques de remplissage canalair

Il existe plusieurs techniques de remplissage du réseau canalair:

- La plus ancienne et la plus populaire, car simple et rapide, est la technique monocône: elle correspond à la mise en place dans le canal préparé d'un cône de Gutta-percha (ou de Resilon) (le diamètre du cône correspond au diamètre de la lime de jaugeage (première lime qui bloque en fin de préparation)) enduit de ciment de scellement, puis à l'élimination des excès coronaires du cône d'obturation à l'aide d'un instrument chaud. Cette technique peut donner beaucoup de vides dans les canaux de forme irrégulière (78)
- Les différentes techniques de compactage qui consistent à condenser le matériau d'obturation à chaud ou à froid avec différents matériels (26)

### I - 2.2.1 Les techniques de référence : compactage latéral à froid et compactage vertical à chaud

#### Le compactage latéral à froid

##### Instruments nécessaires:

- plugger
- finger-spreaders (fouloir à compactage latéral) de diamètre égal à la lime apicale maîtresse LAM

##### Méthode d'obturation:

- Sélection du maître cône avec un diamètre apical correspondant à la préparation canalair après jaugeage, et vérification de l'ajustage et de la longueur cliniquement (tactile et visuelle) et radiographiquement
- Essayage des instruments de compaction dans le canal (les finger-spreaders doivent avoir deux tailles au minimum, le plus fin doit être muni d'un stop à LT-2mm)
- Rinçage final et séchage du canal
- Maître cône enduit de ciment d'obturation puis mis en place dans le canal, et compaction jusqu'à la longueur LT-2mm à l'aide du finger-spreader présélectionné
- Cônes accessoires ajoutés au fur et à mesure dans l'espace réalisé latéralement au maître cône par le finger-spreader, jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'espace pour insérer l'instrument au-delà du tiers coronaire
- Excès coronaire de Gutta-percha dans la chambre coupé et compacté verticalement au niveau de l'entrée canalair à l'aide d'un plugger chauffé

##### Avantages:

Il s'agit d'une technique facile, sans risque de fracture instrumentale, avec une bonne reproductibilité.

##### Inconvénients:

Ce processus assez long ne produit pas une masse homogène (et donc pas une très bonne obturation tridimensionnelle), ne permet pas d'obtenir les canaux accessoires et latéraux, et n'obture pas aussi bien les irrégularités canalaires que les compactations verticale et latérale à chaud. On a un faible contrôle du risque d'extrusion, et le maître cône et les cônes accessoires restent séparés, et cet espace entre chaque cône est plus ou moins comblé par du ciment. (59)

Des forces intra-canalaires excessives pendant le compactage peuvent créer des fractures verticales radiculaires. (4)

## Le compactage vertical à chaud : (technique de Schilder)

### Instruments nécessaires:

- ▶ heat-carrier: réchauffeur de Gutta-percha de diamètres différents
- ▶ pluggers (fouloirs à compactage vertical) de diamètres différents

### Méthode d'obturation:

Introduite par Schilder en 1967 (d'où son nom), cette technique consiste en une succession de réchauffements (heat-carriers), extirpations et compactages (pluggers) de petites portions du cône de Gutta-percha en direction apicale, afin de pouvoir obturer le tiers apical, et dans cette descente remplir tous les espaces latéraux et accessoires du réseau.

- ▶ Sélection du maître cône et vérification de l'ajustage et de la longueur, et vérification de la résistance au retrait
- ▶ Essayage des instruments de compaction dans le canal
- ▶ Rinçage final et séchage du canal
- ▶ Mise en place dans le canal du maître cône préalablement enduit de ciment endodontique
- ▶ Portion coronaire du maître cône sectionnée à l'entrée du canal pour former un «plateau coronaire», à l'aide d'un heat-carrier chauffé, puis d'un plugger
- ▶ Phase descendante: réalisée par compaction en direction apicale à l'aide de fouloirs de diamètres décroissants jusqu'à obturer les 5 derniers millimètres apicaux (alternance entre heat-carriers chauffés pour ramollir le cône de Gutta, et pluggers pour condenser verticalement)
- ▶ Radiographie de contrôle
- ▶ Phase de remontée par vague de compactage en sens inverse, ou par compactage thermomécanique ou encore à l'aide d'une unité d'éjection de Gutta chaude.

### Avantages:

Cette méthode permet de mieux obturer les canaux accessoires et les irrégularités canalaire (et donc une obturation tridimensionnelle), sans risque de fracture instrumentale, et avec une très bonne reproductibilité.

### Inconvénients:

C'est une méthode très longue, qui nécessite un certain apprentissage pour obtenir une bonne maîtrise, et qui reste difficile à utiliser pour obturer les canaux courbes (du aux pluggers rigides).

On contrôle moins bien la longueur que pour la compaction latérale, et en cas de mauvais tug back, le risque d'extrusion de matériau d'obturation dans les tissus péri-apicaux est très important.

Il y a toujours un risque de fracture radiculaire verticale en cas de forces de compaction excessives.



## I - 2.2.2 Les techniques actuelles :

### ► Le thermo compactage et la technique mixte:

#### Le compactage thermomécanique:

##### Instruments d'obturation:

- plugger (fouloir)
- thermo compacteur de MacSpadden, ou Guttacompactor (mis au point par John Mac Spadden dans les années 1970), de conicité 2%, dont la taille correspond au moins à un diamètre au-dessus de la lime apicale maîtresse, et le profil correspond à celui d'une lime H inversé; il doit être monté sur contre-angle bague bleue à vitesse lente (15000/20000 tours/min)

##### Méthode d'obturation:

Méthode décrite par Mac Spadden, elle consiste à utiliser un instrument rotatif pour réchauffer et ramollir la Gutta-percha par friction et la compacter apicalement (59):

- Sélection du maître cône et vérification de l'ajustage et de la longueur
- Essayage des instruments de compaction dans le canal
- Rinçage final et séchage du canal
- Mise en place dans le canal du maître cône préalablement enduit de ciment endodontique (et ajout de cônes accessoires si nécessaire)
- Insertion du thermo compacteur dans le canal puis mise en rotation, et l'instrument est poussé jusqu'à une longueur de LT-2mm et maintenu quelques secondes, et enfin retiré doucement du canal toujours en rotation
- Elimination des excès dans la chambre pulpaire, et compaction à l'entrée canalaire avec un fouloir en direction apicale après avoir retiré le thermo compacteur.

##### Avantages:

C'est une technique très rapide, simple et reproductible, permettant d'obtenir une obturation tridimensionnelle. Il existe à présent des thermocompacteurs en Ni-Ti permettant de réaliser ce type d'obturation dans les canaux courbes.

##### Inconvénients:

Elle nécessite cependant un certain apprentissage, et présente un risque de fracture instrumentale (du compacteur) et un risque d'extrusion.

## La technique mixte (technique combinée de Peli):

##### Instruments nécessaires:

- finger-spreader de même diamètre apical que la lime apicale maîtresse
  - plugger (fouloir)
- thermo compacteur monté sur contre-angle bague bleue

##### Méthode d'obturation:

Cette technique correspond au compactage latéral à froid du tiers apical, puis à la compaction thermomécanique des tiers moyen et coronaire du canal: le finger-spreader est inséré jusqu'à la longueur LT-2mm, et le thermo compacteur jusqu'à LT-5mm, uniquement dans les parties rectilignes des canaux.

##### Avantages:

Il s'agit d'une technique assez rapide, facile et reproductible, et c'est avec cette technique que l'on contrôle le mieux le risque d'extrusion apicale.

##### Inconvénients:

Le risque de fracture du compacteur est toujours présent en cas de courbure canalaire, mais il est plus faible qu'en technique de compactage pur; l'obturation n'est pas totalement tridimensionnelle dans le tiers apical.

## ► Les systèmes à tuteur:

### La technique Thermafil®

#### Instruments d'obturation:

- lime Verifier® : de conicité 4%, elle correspond à la LAM pour jauger le canal: il s'agit d'un instrument «Profile» manuel en Ni-Ti
- obturateur: tuteur en plastique de conicité 4%, avec une gorge latérale, recouvert d'une Gutta-percha de très basse viscosité ; il existe du diamètre 20/100 à 140/100èmes
  - fraise Thermacut®
- appareil permettant de chauffer l'obturateur à la température appropriée: four Thermafil®

#### Méthode d'obturation:

Cette technique a été mise au point par Ben Johnson en 1974:

- Essayage du Verifier® clinique et radiographique à LT-1mm, et choix de l'obturateur correspondant à la taille de cette lime
- Désinfection de l'obturateur à l'hypochlorite de sodium à 5.25% pendant une minute, rinçage dans de l'alcool à 70%, et séchage à l'air libre pendant quelques secondes
- Mise en chauffe de l'obturateur dans le four
- Rinçage final et séchage du canal
- Mise en place d'une goutte de ciment de scellement dans le canal
- Insertion lente de l'obturateur dans le canal avec une légère pression apicale sans rotation jusqu'à la LT-1mm (le praticien a environ 10 secondes pour la mise en place de l'obturateur après l'avoir enlevé du four (59))
- Radiographie de contrôle réalisée
- Résection de la partie coronaire de l'obturateur à l'aide de la fraise Thermacut® (ou bien d'une fraise à cône renversé ou encore d'une fraise boule)
- Compactage vertical de la Gutta-percha coronaire ramollie à l'entrée du canal.

#### Avantages:

Technique rapide, simple, elle permet d'obtenir une obturation tridimensionnelle, avec possibilité pour la Gutta-percha d'aller obturer aussi les canaux latéraux et accessoires ; elle est très indiquée dans le cas de canaux courbes, ronds et longs, et le retraitement si nécessaire est possible.

#### Inconvénients:

Cette méthode ne permet pas d'obturer correctement les canaux très ovalaires, ou avec résorptions internes, et il y a un risque de dépassement en cas de mauvaise conicité lors de la mise en forme.

## ► Autres systèmes à tuteur:

**D**'autres techniques à tuteur existent: Herofil®, Softcore®, Guttacore®, Simplifil®, Ultrafil®3D,..., reposant exactement sur le même principe d'obturation (sauf pour Ultrafil®3D dont la différence consiste à retirer l'obturateur et laisser la Gutta-percha insérée à l'aide de ce dernier puis à la compacter verticalement).

### ► Le compactage vertical à chaud en une seule vague (SystemB®)

#### Instruments d'obturation:

- fouloir chauffant de Buchanan du SystemB® pour compaction verticale
- fouloirs manuels pour compaction verticale

#### Méthode d'obturation:

Stephen Buchanan a développé cette méthode en 1992, qui se réalise en deux temps, tout comme la technique de Schilder, avec une phase descendante, puis une phase de remontée; la seule différence avec la technique de Schilder est que le temps de descente ne se fait qu'en une seule phase (on réchauffe et on compacte en même temps):

- Sélection du maître cône et vérification de l'ajustage et de la longueur (LT-1mm)
- Choix et essayage du fouloir chauffant du SystemB® dans le canal à LT-5mm
- Rinçage final et séchage du canal
- Mise en place dans le canal du maître cône préalablement enduit de ciment endodontique
- Portion coronaire du maître cône sectionnée à l'entrée du canal pour former un «plateau coronaire» à l'aide d'un fouloir du SystemB® et compactage avec un fouloir de Buchanan
- Phase descendante: compaction de la Gutta-percha à l'aide du fouloir chauffant approprié activé jusqu'à 1mm du stop puis compaction avec ce même fouloir sans activation de la chaleur jusqu'au stop (c'est-à-dire LT-5mm); la pression apicale est maintenue avec le fouloir refroidi pendant 10 secondes (pour éviter la contraction du matériau au refroidissement)
- Le fouloir est réchauffé pendant une seconde pour le détacher de la portion apicale de Gutta-percha puis retiré, en prenant appui latéralement sur une paroi canalaire
- Vérification de l'obturation apicale cliniquement par compaction avec un fouloir manuel, et radiologiquement
- Phase de remontée par compactage en sens inverse (en 2 ou 3 fois en utilisant des petits segments de Gutta-percha de 3-4mm chauffés et compactés avec le fouloir chauffant), ou par compactage thermomécanique, ou encore à l'aide d'une unité d'éjection de Gutta chaude.

#### Avantages:

Elle est rapide, sans risque de fracture instrumentale, reproductible et permet une obturation tridimensionnelle, et, grâce à la chaleur et la compaction, une obturation des canaux latéraux, accessoires et des irrégularités canalaires.

#### Inconvénients:

Cette technique demande un certain apprentissage pour être assez rapide, et présente un risque d'extrusion en l'absence de bon tug-back, et un risque de fracture radiculaire verticale en cas de forces de compaction excessives.

Tableau 3. Tableau synthétique des méthodes d'obturation les plus courantes ((59), (4))

Technique d'obturation	Matériel nécessaire	Avantages	Inconvénients
<b>Compactage latéral à froid</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ finger-spreaders</li> <li>▶ pluggers</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ facilité</li> <li>▶ sans risque de fracture instrumentale</li> <li>▶ reproductible</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ pas d'obturation tridimensionnelle</li> <li>▶ durée</li> <li>▶ faible contrôle du risque d'extrusion</li> </ul>
<b>Technique de Schilder</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ heat-carrier</li> <li>▶ pluggers</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ obturation tridimensionnelle</li> <li>▶ sans risque de fracture instrumentale</li> <li>▶ reproductible</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ ne convient pas pour les canaux courbes</li> <li>▶ apprentissage</li> <li>▶ durée</li> <li>▶ risque d'extrusion</li> </ul>
<b>Thermo compactage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Guttacondensor</li> <li>▶ plugger</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ obturation tridimensionnelle</li> <li>▶ rapide</li> <li>▶ simple</li> <li>▶ reproductible</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ risque de fracture instrumentale</li> <li>▶ apprentissage</li> <li>▶ risque d'extrusion</li> </ul>
<b>Technique mixte de Peli</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Guttacondensor</li> <li>▶ plugger</li> <li>▶ finger-spreader</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ rapide</li> <li>▶ facile</li> <li>▶ reproductible</li> <li>▶ bon contrôle du risque d'extrusion apicale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ obturation pas totalement tridimensionnelle</li> <li>▶ risque de fracture du compacteur</li> </ul>
<b>Systèmes à tuteur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ four</li> <li>▶ obturateur</li> <li>▶ Verifier®</li> <li>▶ fraise</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ obturation tridimensionnelle</li> <li>▶ rapide</li> <li>▶ simple</li> <li>▶ canaux courbes et ronds</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ ne convient pas pour les canaux ovalaires ou les résorptions internes</li> <li>▶ risque d'extrusion</li> </ul>
<b>Compactage vertical à chaud en une seule vague (SystemB®)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ fouloirs chauffants du SystemB®</li> <li>▶ plugger</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ obturation tridimensionnelle</li> <li>▶ rapide</li> <li>▶ sans risque de fracture instrumentale</li> <li>▶ reproductible</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ apprentissage</li> <li>▶ risque d'extrusion</li> </ul>

## I - 3 La méthodologie d'évaluation de l'étanchéité

Une revue de la littérature de 2006 a montré l'absence de standardisation des échantillons et des méthodologies pour évaluer les scellements canalaires, ce qui explique ainsi les variations des résultats des études sur l'étanchéité des obturations endodontiques. (134)

La pénétration de colorant et la filtration des fluides ont été très largement utilisés ; mais des méthodologies plus fiables, reproductibles et avec une connaissance de leurs implications cliniques sont nécessaires, comme l'a affirmé l'Editorial Board du Journal of Endodontics en 2007. (34)

### I - 3.1 Le test de pénétration d'un colorant

Le modèle expérimental de pénétration d'un colorant est subjectif, peu comparatif et peu reproductible, comme le rappellent De-Deus et al. (30) (145)

une pénétration excessive de colorant, en raison de ses particules qui sont  $10^3$  fois plus petites que les bactéries. (80)

Différents colorants peuvent être utilisés :

► l'encre de Chine : dont la taille des particules est de 0.1 à 2 microns, correspondant plus à la taille de certaines bactéries endodontiques pathogènes (80) ; selon Mente, l'encre de Chine apparaît supérieure aux autres colorants utilisés dans les études (79).

► le bleu de méthylène : à haute capacité de pénétration et de coloration, il est considéré comme plus sensible que le modèle bactérien (9) (29), mais par conséquent entraînant

Wu et al. avaient montré il y a plus de 15 ans la décoloration de ce colorant au contact du MTA, d'hydroxyde de calcium ou d'oxyde de zinc eugénol (144) ; Souza et al. ont réalisé une étude en 2009 montrant alors que l'utilisation du bleu de méthylène pour les mesures de pénétration de colorant pouvaient donner de faux résultats. (125) Barthel et al. n'ont pas trouvé de corrélation entre pénétration bactérienne et de colorant. (10)

### I - 3.2 Le test de pénétration bactérienne

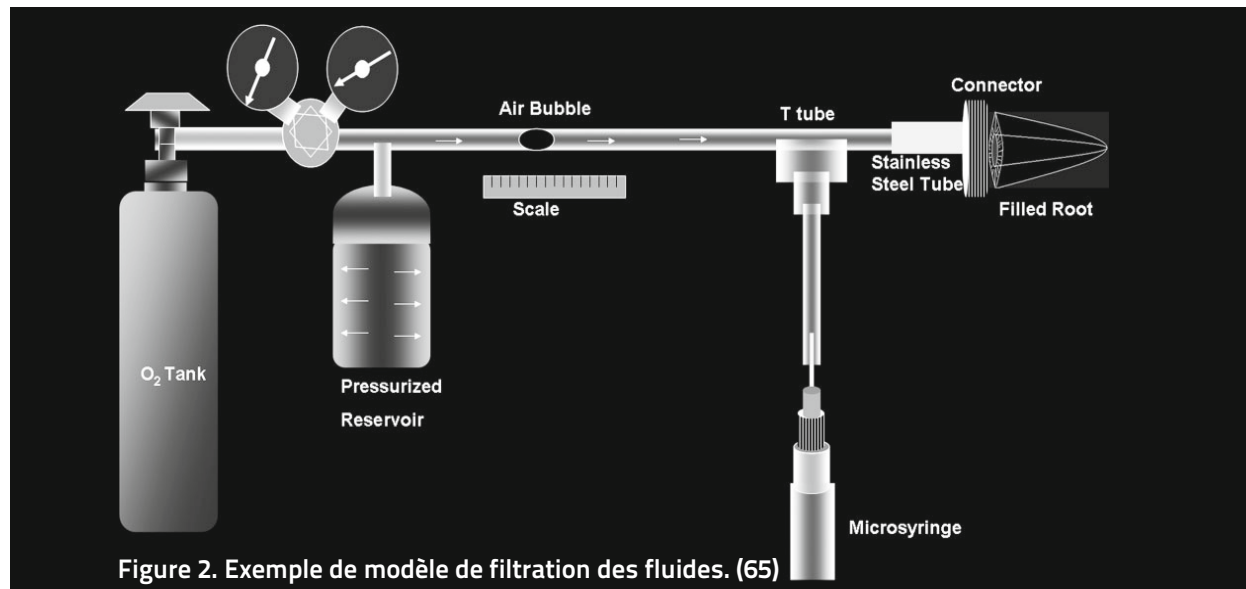
La bactérie souvent choisie dans ces tests pour évaluer l'étanchéité se nomme *Enterococcus faecalis* (anaérobie facultative Gram positif), principale bactérie présente dans les parodontites apicales chroniques, résistante, ne faisant pas partie de la flore endodontique habituelle, et également associée aux échecs de traitements endodontiques (17) (103) ; selon Fransen et al. ce test de pénétration bactérienne à l'aide de *E. faecalis* aurait une plus grande portée au niveau de l'interprétation clinique (42). D'autres bactéries telles que *Proteus vulgaris* (bacille Gram négatif), *Staphylococcus epidermidis* (aérobie Gram positif) peuvent aussi être utilisées dans les études, car ce sont des bactéries de la cavité orale de grande mobilité et de petite taille, surtout *S. epidermidis* qui est facilement identifiable et mis en culture en laboratoire. (9) *Streptococcus mutans* est également choisi parfois pour son rôle potentiel dans la réinfection des canaux traités endodontiquement (anaérobie facultative) . (120)

Selon De-Deus et al., la technique de pénétration bactérienne est un modèle fonctionnant selon un système de chambre double qui reste limité, ne simulant pas exactement les conditions de la cavité buccale (changements de température, influence de l'alimentation, flux salivaire) (29), et les résultats des études de laboratoire ne peuvent pas être extrapolés aux situations cliniques. Cependant ce modèle de pénétration bactérienne est considérée plus fiable que le test de pénétration de colorant. (30) (122) Il reste toutefois difficile à déterminer la quantité de bactéries qui atteint le foramen apical. (13)

Carratù et al. ont réalisé une étude évaluant l'étanchéité des obturations canalaires face aux bactéries et aux endotoxines ; ils ont montré que l'infiltration bactérienne était plus rapide et avait touché tous les spécimens, alors qu'aucune pénétration d'endotoxines après 31 jours n'avait été observée. Cette différence s'expliquerait par le manque d'activité chimique enzymatique des endotoxines par rapport aux bactéries. (17)

Cette méthodologie présente toutefois un inconvénient : les propriétés antibactériennes de certains ciments peuvent inhiber directement les bactéries, et ainsi donner de faux résultats quand à l'étanchéité bactérienne. (118) (98)

### I - 3.3 Le test de filtration des fluides (test de pénétration des fluides sous pression)



Il s'agit d'une méthode d'évaluation simple, assez précise, reproductible, et non destructive, permettant la répétition des mesures sur une période de temps donnée ; elle est plus sensible que les tests de pénétrations bactérienne et de colorant. (75)  
De plus, les résultats sont enregistrés automatiquement, éliminant ainsi tout biais opérateur dépendant. (101)

Mais Camps et al. ont rappelé les principaux inconvénients de cette technique :

- ▶ la filtration a tendance à diminuer avec le temps, car l'eau finit par remplir toutes les irrégularités de l'obturation canalaire jusqu'à arriver à un plateau ;
- ▶ une période de 24h est nécessaire pour enregistrer les valeurs de filtration représentatives de chaque spécimen. (15)

La méthode selon Camps et Pommel consiste à insérer les racines obturées dans un tube en silicone en les fixant à l'aide de colle cyanoacrylate; la partie coronaire de chaque spécimen est connectée à un tube horizontal capillaire, rempli d'un mélange d'une solution tampon phosphate salin (PBS), d'antibiotiques et de fongicide, sous pression hydrostatique, et c'est le mouvement d'une petite bulle d'air injectée à l'aide d'une seringue à l'intérieur de ce tube qui va permettre de calculer le déplacement des fluides le long de l'obturation canalaire. (100)

Wu et al. ont montré le manque de corrélation entre pénétration bactérienne et filtration des fluides dans les canaux obturés. (143)

### I - 3.4 Le test de pénétration de radio-isotopes

La technique consiste à utiliser un marqueur radioactif pour mesurer l'étanchéité des échantillons. Elle permet d'obtenir des mesures quantitatives facilement analysables et comparables ; elle a l'avantage d'être reproductible et plus spécifique que la technique de pénétration de colorant. (36)

Haikel en 1999 a décrit la méthode très simplement: il s'agit d'immerger quelques millimètres des échantillons à l'intérieur d'un tube dans une solution préparée de traceur radio marqué, dont l'activité et l'absorption spectrophotométrique auront été préalablement mesurés, puis de mesurer, à l'aide d'un compteur gamma, à différents intervalles de temps, la radioactivité de chaque échantillon sectionné horizontalement (en prenant en compte la demi-vie du traceur), ceci pour déterminer la quantité de traceur radio marqué présent dans chaque portion de la racine, et par conséquent évaluer le degré de non-étanchéité du traitement canalair. (50)

L'avantage des isotopes est qu'ils sont plus petits que les molécules de colorant et diffusent plus rapidement.

Le choix de l'isotope doit se faire en fonction de sa demi-vie (qui doit être appropriée pour une étude, par exemple 60 jours pour le  $^{125}\text{I}$  utilisé par Haikel), et ne doit pas interagir avec les structures dentaires (comme c'est le cas pour le  $^{45}\text{Ca}$  qui a donc été abandonné) (49)

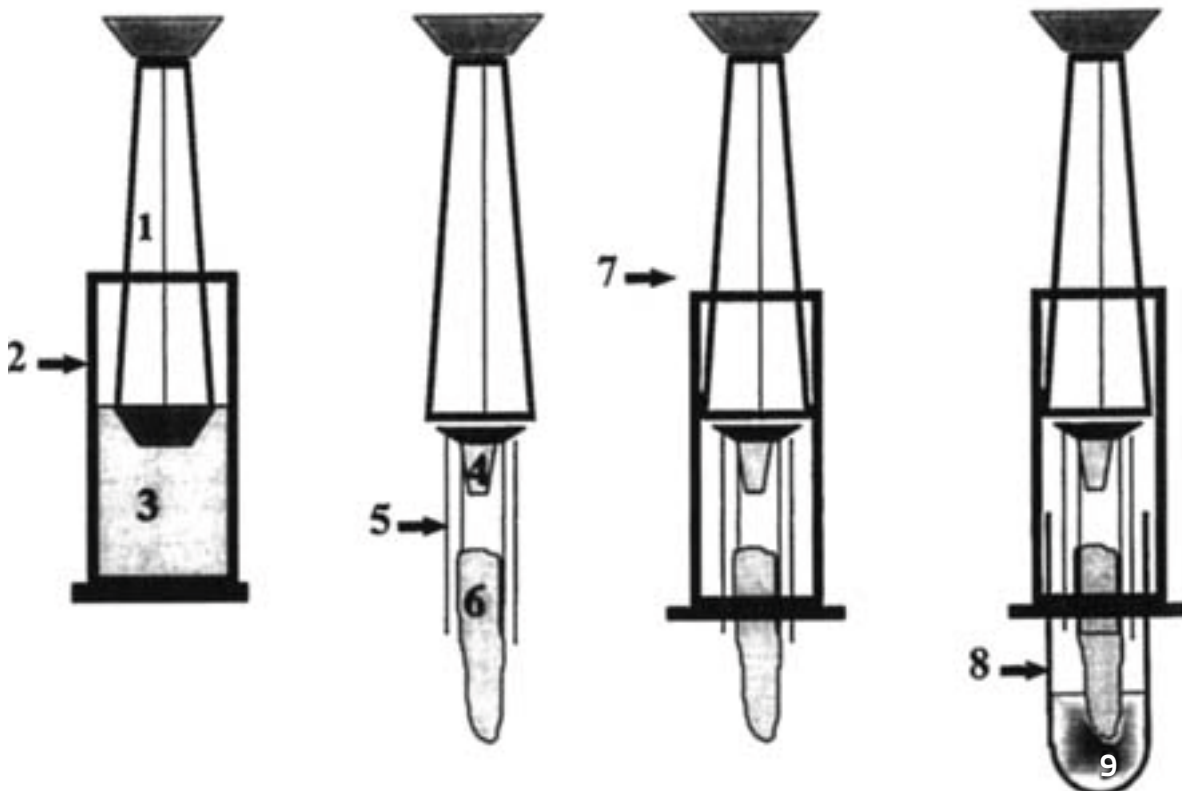


Figure 3. Système d'immersion des échantillons dans la solution radioactive selon Haikel (49) ( 1 = piston ; 2 = chambre coulissante ; 3 = feuille de plomb ; 4 = seringue ; 5 = tube en PVC ; 6 = échantillon ; 7 = support de l'échantillon ; 8 = tube stérile ; 9 = solution radioactive)

## I - 3.5 Le test de pénétration de glucose

Cette méthode d'analyse est basée sur le taux de filtration de glucose le long de l'obturation canalaire; la quantification des défauts d'étanchéité se fait par spectrophotométrie : la concentration de glucose y est calculée par la méthode enzymatique, à l'aide de la glucose oxydase et de la peroxydase, en déduisant la concentration d'un chromogène oxydé coloré (par exemple l'o-dianisidine oxydée rouge orangée, présente en même quantité que le glucose) à partir de son absorbance, mesurée par le spectrophotomètre. (65), (146)

Elle permet ainsi de quantifier le niveau d'étanchéité au niveau du foramen apical, (13) et ce, de façon continue au cours du temps, indépendamment de l'observateur.

Le glucose a un poids moléculaire faible, et constitue donc un traceur plus pertinent que les autres traceurs utilisés dans les méthodes d'évaluation de l'étanchéité, et qui se rapproche plus de la clinique. (146)

Ce modèle de filtration du glucose a pour avantage d'être relativement facile à réaliser, avec un équipement accessible; il est également considéré comme plus sensible que la méthode de filtration des fluides selon Shemesh et al. (119) (118)

Pendant, ces derniers auteurs ont montré que des matériaux d'obturation contenant de l'hydroxyde de calcium peuvent réagir directement avec le glucose, ce qui influence les résultats d'étanchéité des obturations réalisées avec de tels matériaux. (118)

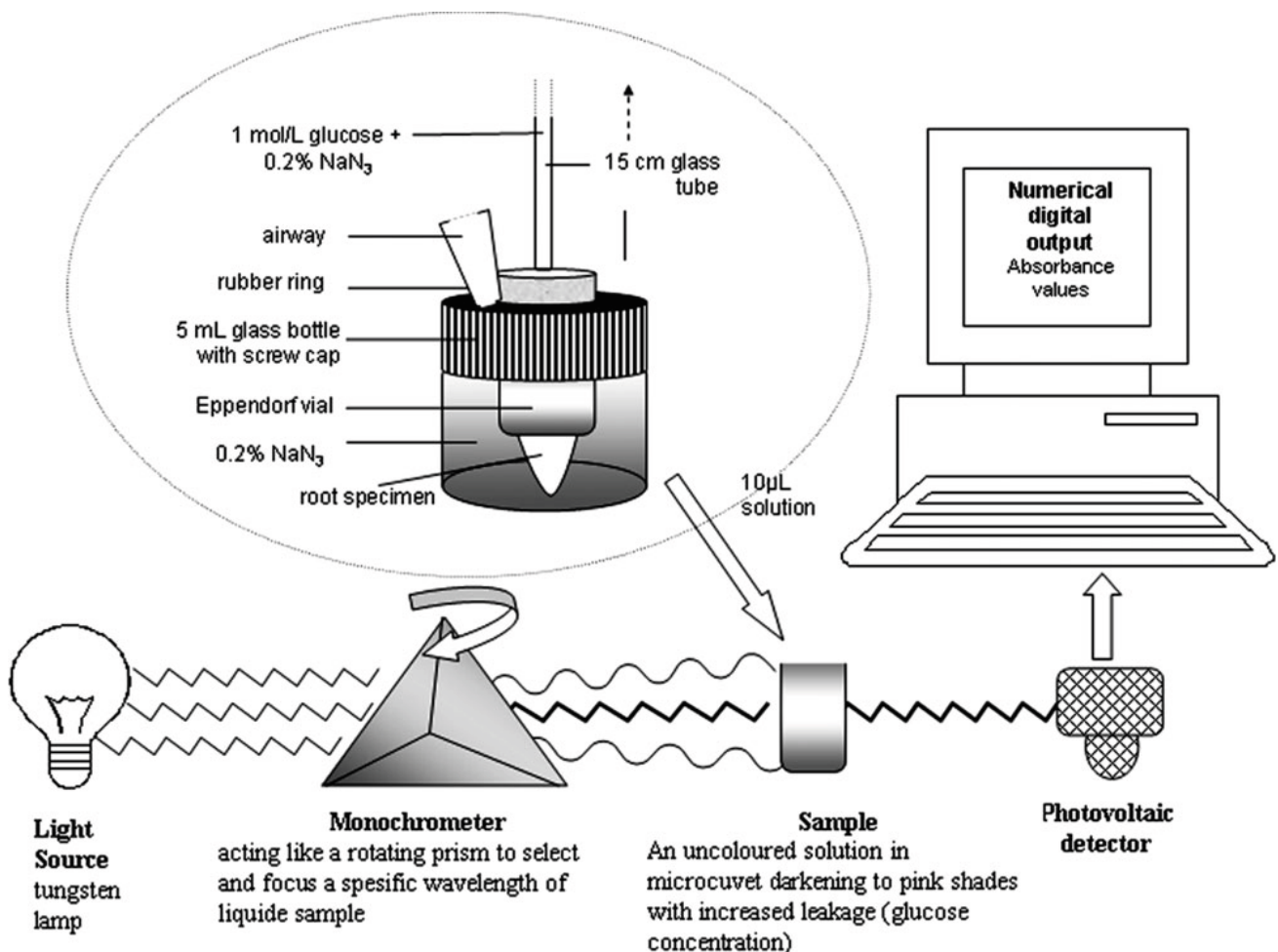


Figure 4. Modèle de pénétration de glucose décrit par Xu et al. (146) (Kececi et al. (65))



## I - 3.6 L'évaluation au microscope confocal des vides canalaire et de la pénétration de ciment dans les tubuli dentinaires

### ► Evaluation des vides canalaire au microscope confocal:

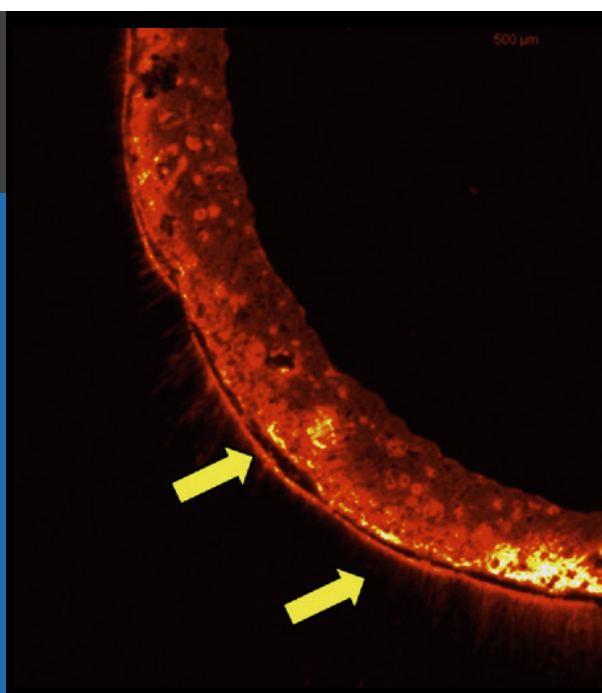
La présence de vides canalaire au sein de l'obturation endodontique témoigne de l'inhomogénéité du traitement endodontique (84) et d'un défaut d'adaptation du ciment d'obturation aux murs canalaire; ceci peut augmenter alors le potentiel d'invasion microbienne et de recolonisation des bactéries et du biofilm. (3) (108)

La méthode consiste après mise en forme canalaire, irrigation et obturation des canaux, à sectionner chaque dent horizontalement à différents millimètres de l'apex à l'aide d'une scie sous irrigation ; puis chaque coupe est observée à l'aide d'un microscope confocal à balayage laser (MCBL) en mode balayage en fluorescence, le marqueur généralement utilisé est la rhodamine-B, dont la longueur d'onde est comprise entre 540 et 590nm (émission dans le rouge).

Chaque échantillon est alors scanné à une certaine profondeur sous la surface de coupe afin d'obtenir des images intactes. Ensuite l'interface dentine/ciment est évaluée pour déterminer le pourcentage de vides canalaire, en calculant le ratio périmètre canalaire sur la quantité de vides canalaire, ainsi que l'épaisseur de ces vides canalaire. (3) (31) (77)

Figure 5. Exemple d'image obtenue au MCBL mettant en évidence des vides canalaire à l'interface dentine-ciment (De Deus) (31)

Comme l'explique clairement De Deus, l'utilisation du microscope confocal à balayage laser dans ce modèle d'évaluation permet de différencier les véritables vides canalaire des vides artificiels, ce qui est plus difficile à réaliser au microscope électronique à balayage (31) ; c'est une approche non-destructive, où les observations peuvent être réalisées dans des conditions proches de la normale, et avec une moindre production d'artefacts techniques.



### ► Pénétration de ciment dans les tubuli dentinaires au microscope confocal:

Il existe des millions de tubuli (ou canalicules) dans la dentine, qui contiennent les processus odontoblastiques et le fluide dentinopulpaire. (26)

Tableau 4. Caractéristiques des tubuli (130)

	Maximum	Minimum
Densité (/mm <sup>2</sup> )	70 000	40 000
Diamètre	3µm (à la surface pulpaire)	1µm (à la jonction amélo-dentinaire)
Pourcentage d'aire dentinaire occupée par les tubuli	45% (à la surface pulpaire)	1% (à la jonction amélo-dentinaire)

Les tubuli sont moins nombreux dans la région apicale qu'en coronaire, et de fines ramifications tubulaires (de 300 à 700 nm de diamètre) sont souvent présentes, partant à 45 degrés des tubuli principaux, ainsi que des micro-ramifications (de 25 à 200 nm de diamètre) partant à 90 degrés des tubuli. (81)

Une caractéristique de l'observation de coupes transversales de la dentine a été décrite récemment: c'est l'effet papillon (butterfly effect) ; il s'agit d'un phénomène optique pouvant être observé sur certaines coupes transversales des racines. (6)

Il est du à :

- ▶ la densité des tubuli dentinaires : plus importante dans le sens vestibulo-lingual
- ▶ la sclérose dentinaire : la dentine sclérosée est plus translucide que la dentine normale (109)
- ▶ la réfraction et la dispersion de la lumière induite par la présence des tubuli (6) .

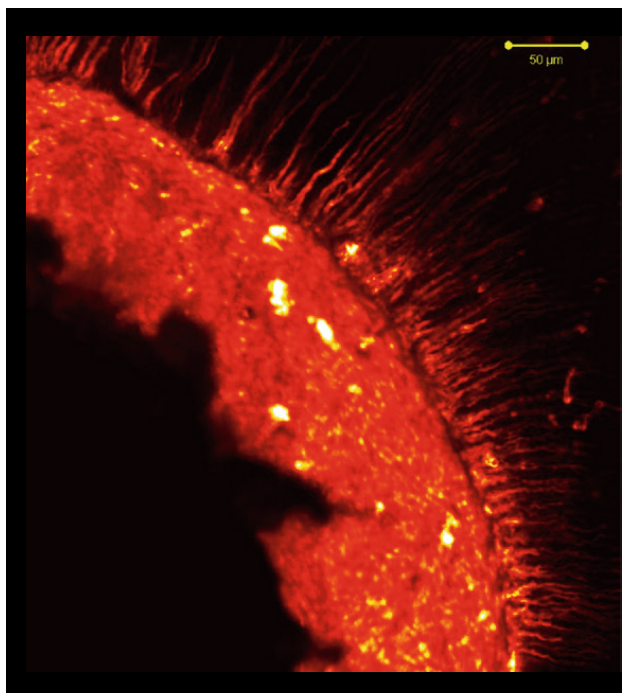
Cet effet papillon est considéré comme une raison de l'augmentation de la pénétration de ciment dans le sens vestibulo-lingual sur de nombreuses coupes (par rapport au sens mésio-distal) (70) .

Il peut également influencer la force d'adhésion push-out des ciments à la dentine radiculaire (valeurs supérieures dans les coupes présentant l'effet papillon) (6), ainsi que la dureté Vickers des racines (les coupes radiculaires avec un effet papillon ont une meilleure dureté Vickers sur les surfaces mésiale et distale). (110)

La pénétration de ciment de scellement dans les tubuli dentinaires permet d'augmenter l'interface entre le matériau d'obturation et la dentine.

Elle permet donc:

- ▶ d'améliorer la capacité de scellement
- ▶ d'améliorer la rétention du matériau mécaniquement
- ▶ d'emprisonner les bactéries résiduelles à l'intérieur des tubuli (la pénétration bactérienne dans les tubuli humains allant jusqu'à 500µm d'après des études récentes (85) (22) )
- ▶ d'exercer un effet antibactérien par les composants chimiques de certains ciments. (76)



**Figure 6. Exemple d'image obtenue au MCBL mettant en évidence la pénétration du ciment dans les tubuli dentinaires (De Deus) (31)**

Plusieurs facteurs peuvent influencer la profondeur de pénétration de ciment dans les tubuli:

- ▶ la perméabilité dentinaire (nombre et diamètre des tubuli)
- ▶ la dimension canalaire
- ▶ la présence d'eau
- ▶ les propriétés physico-chimiques du ciment: propriétés d'écoulement et de mouillage, tension de surface (la propriété d'écoulement dans les tubuli dentinaires augmente quand la tension de surface diminue(127)), solubilité, viscosité, composition chimique, temps de travail et de prise (45)
- ▶ la présence de smear-layer (121)

Le MCBL permet d'obtenir de meilleures informations que le microscope électronique à balayage (MEB) sur la présence et la distribution des ciments dans les tubuli dentinaires, donc sur leur degré d'adaptation. (92) (88)

## I - 3.7 Tableau synthétique des différents tests d'évaluation de l'étanchéité

Tableau 5. Tableau synthétique des différents tests d'évaluation de l'étanchéité

Test	Avantages	Inconvénients
<b>Test de pénétration bactérienne</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ plus fiable que le test de pénétration de colorant</li> <li>▶ plus grande portée au niveau de l'interprétation clinique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ modèle limité, ne simulant pas exactement les conditions de la cavité buccale</li> <li>▶ impossibilité de déterminer la quantité de bactéries</li> </ul>
<b>Evaluation des vides et de la pénétration de ciment dans les tubuli au MCBL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ approche non destructive</li> <li>▶ conditions proches de la normale</li> <li>▶ moindre production d'artefacts techniques</li> <li>▶ observation possible dans l'épaisseur des coupes (z)</li> </ul>	
<b>Test de pénétration d'un colorant</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ sensible</li> <li>▶ taille des particules de l'encre de Chine proche de celle des bactéries</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ subjectif</li> <li>▶ peu comparatif</li> <li>▶ peu reproductible</li> <li>▶ décoloration du bleu de méthylène au contact du MTA, CaOH ou O-Zn eugénol</li> </ul>
<b>Test de filtration des fluides</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ simple</li> <li>▶ précis</li> <li>▶ reproductible</li> <li>▶ approche non destructive</li> <li>▶ répétition possible des mesures</li> <li>▶ résultats enregistrés : absence de biais opérateur dépendant</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ diminution de la filtration avec le temps</li> <li>▶ méthode longue</li> </ul>
<b>Test de pénétration de radio isotopes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ mesures quantitatives facilement analysables et comparables</li> <li>▶ reproductible</li> <li>▶ spécifique</li> <li>▶ diffusion rapide de l'isotope</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ risque de réaction avec les structures dentaires pour certains isotopes (Ca)</li> </ul>
<b>Test de pénétration de glucose</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ mesure quantitative, continue, indépendante de l'observateur</li> <li>▶ facile à réaliser</li> <li>▶ sensible</li> <li>▶ poids moléculaire faible</li> <li>▶ se rapproche plus de la clinique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ réaction du glucose avec les ciments contenant du CaOH</li> </ul>

'utilisation de deux méthodes différentes lors d'une même étude *in vitro* s'avère être plus précise pour évaluer l'étanchéité des traitements endodontiques:

▶ une **technique d'appréciation des vides et de la pénétration du ciment** d'une part: donnant ainsi des indications sur l'aptitude du ciment canalair à remplir l'espace du réseau canalair

▶ une **technique de pénétration** (bactéries, fluides,...) d'autre part: pour mesurer la capacité du ciment à résister à la percolation.

## REVUE DE LA LITTÉRATURE

Malheureusement, la plupart des techniques d'obturation canalaire ne permet pas un remplissage tridimensionnel (51) : un défaut d'étanchéité peut se manifester entre la dentine et le ciment, ou bien entre le ciment et le matériau central d'obturation, ou encore à travers le ciment d'obturation lui-même. (68)

Nous avons réalisé une revue de la littérature sur l'étanchéité apicale des ciments endodontiques AH Plus®, MTA-Fillapex® et des ciments à base de biocéramique, à partir d'articles les plus récents publiés entre 2008 et 2015; nous avons utilisé pour cela les recherches sur Pubmed (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>), Cochrane Library (<http://www.cochranelibrary.com>), Evidence Based Endodontics Literature Database (<http://www.evidencebasedendo.com>) et Google Scholar à l'aide de divers mot-clés:

► «endodontics»,  
 ► «microleakage», «apical microleakage», «apical leakage», «apical sealing ability», «bacterial leakage»,  
 ► «root canal obturation», «root canal filling», «endodontic sealer», «root canal sealer»,  
 ► «AH Plus», «MTAFillapex», «bioceramic sealer», «MTAbased sealer», «endosequence BC», «iRoot SP», «SmartPaste Bio»  
 ► «sealer placement technique», «sealer penetration dentinal tubules», «confocal laser scanning microscopy»

### II - 1 Résultats d'études sur les ciments d'obturation canalaire et l'étanchéité

#### ► Etudes comparant l'étanchéité apicale du ciment AH Plus® à d'autres ciments

Tableau 6.

N°	Auteur, Revue, Année de publication	Ciments d'obturation testés et technique	Méthode	Résultats	Incidence clinique
1	Akhavan H., Zahdabadi F., Mehrvarzfar P., Ahmadi Birjandi A. ; Iranian Endodontic Journal ; 2011 (24)	<ul style="list-style-type: none"> <li>► AHPlus</li> <li>► AH26</li> <li>► AHPlus Jet</li> </ul> -> compactage latéral à froid	Test de filtration des fluides (analyse aux 2e et 30e jours)	PAS de différence statistiquement significative	Les ciments étudiés ont donné des résultats d'étanchéité satisfaisants aux intervalles de temps étudiés; leur utilisation peut être recommandée dans le traitement endodontique
2	Fransen JN., He J., Glickman GN., Rios A., Shulman JD., Honeyman A. ; Journal of Endodontics ; 2008 (42)	<ul style="list-style-type: none"> <li>► ciment verre ionomère / ActivGP</li> <li>► Epiphany / Resilon</li> <li>► AHPlus / Gutta-Percha</li> </ul> -> system B + Obtura II	Test de pénétration bactérienne à <i>Enterococcus faecalis</i> (10 <sup>7</sup> UFC/mL) sur 65jours (inoculation tous les 7jours)	Pas de différence significative d'étanchéité apicale entre les groupes	Basé sur ces résultats, le système ActivGP/ciment verre ionomère a une capacité de scellement canalaire comparable à celle des autres systèmes d'obturation

N°	Auteur, Revue, Année de publication	Ciments d'obturation testés et technique	Méthode	Résultats	Incidence clinique
3	De-Deus G., Reis C., Di Giorgi K., Brandão MC., Audi C., Fidel RA. ; Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod ; 2011 (31)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Epiphany / Resilon</li> <li>▶ Epiphany SE / Resilon</li> <li>▶ AHPlus / Gutta-Percha -&gt; compactage latéral à froid</li> </ul>	Evaluation des vides canaux au microscope confocal à balayage laser (marqueur mélangé au ciment: 0.1% rhodamine B isothiocyanate) Observation des faces coronaires des coupes à 3, 6 et 8mm de l'apex	AHPlus ++ >> Resilon / Epiphany et Resilon / Epiphany SE	La qualité de l'adaptation interfaciale de ces systèmes d'obturation adhésifs est compromise (même quand des dents avec une anatomie canalaire simple sont obturées dans des conditions de laboratoire correctement conduites)
4	Pawar SS., Pujar MA., Makandar SD. ; Journal of Conservative Dentistry ; 2014 (96)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Endosequence bioceramic / Gutta-Percha</li> <li>▶ Epiphany / Resilon</li> <li>▶ AHPlus / Gutta-Percha -&gt; E&amp;Q Plus System (compaction verticale à chaud)</li> </ul>	Test de pénétration de colorant bleu de méthylène à 1% pendant 72h : observation des coupes horizontales à 2, 4 et 6mm de l'apex sous stéréomicroscope (grandissement x30)	Epiphany et Endosequence BC >> AHPlus	Ces nouveaux ciments endodontiques présentent une meilleure étanchéité mais cependant pas totale
5	Fathia E., Hassan Abu-Bakr N., Yahia I. A ; Iranian Endodontic Journal ; 2012 (40)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Epiphany / Resilon</li> <li>▶ AHPlus Gutta-Percha -&gt; compactage latéral à froid</li> </ul>	Test de pénétration de colorant bleu de méthylène 2% pendant 7jours: observation sous stéréomicroscope (grandissement x25)	Epiphany++ >> AHPlus	Le système Epiphany / Resilon présente une meilleure capacité de scellement apical que AHPlus / Gutta-Percha ; mais des données cliniques sont nécessaires pour obtenir des preuves plus solides

N°	Auteur, Re- vue, Année de publication	Ciments d'obturation testés et tech- nique	Méthode	Résultats	Incidence clinique
6	Kumar SA., Shi- vanna V., Naian MT., Shivamur- thy G. ; Journal of Conservative Dentistry ; 2011 (72)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Epiphany</li> <li>▶ EndoREZ</li> <li>▶ AHPlus</li> </ul> -> compactage latéral à froid	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Test de pénétration d'un colorant bleu de méthylène à 2% pendant 7jours</li> <li>▶ Examen de la pénétration de ciment dans les tubuli denti- naires et de l'adaptation aux murs dentinaires au microscope électronique à balayage (grandisse- ment x1500)</li> </ul>	Epiphany ++ >> AHPlus et EndoREZ	Epiphany présentait une meilleure capa- cité de scelle- ment apical et une meilleure adaptation à la dentine que AHPlus et EndoREZ, mais de plus amples études sont né- cessaires avant de recommander Epiphany en clinique
7	Kumar NS., Pala- nivelu A., Naraya- nan LL. ; Journal of Conservative Dentistry ; 2013 (71)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ EndoREZ</li> <li>▶ AHPlus</li> </ul> -> compactage latéral à froid	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Méthode d'infiltration de résine: immersion pendant 5jours à 4°C puis 4jours à tempéra- ture ambiante: obser- vation des coupes à 1.5, 2.5 et 3.5mm de l'apex au microscope photo- nique (grandissement x10)</li> <li>▶ Examen de la pénétration de ciment dans les tubuli denti- naires et de l'adaptation aux murs dentinaires au microscope électronique à balayage</li> </ul>	Pas de diffé- rence statis- tiquement significative entre les deux ciments.	Il est difficile cliniquement d'obtenir avec une fine couche de ciment
8	Oliveira AC., Tanomaru JM., Faria-Junior N., Tanomaru-Filho M. ; International Endodontic Jour- nal ; 2011 (90)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ AHPlus</li> <li>▶ Sealer 26</li> <li>▶ Sealapex</li> <li>▶ Active GP</li> <li>▶ Endofill</li> <li>▶ EndoCPM</li> <li>▶ ciment à base de MTA</li> </ul> -> compactage latéral à froid	Test de pénétration bactérienne à <i>E. faecalis</i> pendant 120jours	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ AHPlus et Sealapex ++</li> <li>▶ Ciments à base de MTA EndoCPM et MTAS --</li> </ul>	Aucun des ciments évalués n'était totale- ment étanche aux bactéries
9	Joseph R., Singh S. ; The Journal of contemporary Dental Practice ; 2012 (62)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ AHPlus</li> <li>▶ AH26</li> <li>▶ Sealapex</li> <li>▶ Endoflas</li> </ul> -> compactage latéral à froid	Test de pénétration de colorant bleu de méthyl- ène	AHPlus +++ >> AH26, Sealapex et Endoflas	

N°	Auteur, Revue, Année de publication	Ciments d'obturation testés et technique	Méthode	Résultats	Incidence clinique
10	Chandra SS., Shankar P., Indira R. ; Journal of Endodontics ; 2012 (21)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ AHPlus</li> <li>▶ RealSeal</li> <li>▶ EndoRez</li> <li>▶ RoekoSeal (Resilon)</li> </ul> -> compactage latéral à froid	Evaluation de la profondeur de pénétration de ciment dans les tubuli dentinaires au MCBL (coupes 1/3 coronaire, moyen, apical)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ RealSeal &gt;&gt; AHPlus &gt; RoekoSeal &gt; EndoRez</li> <li>▶ pénétration dans les 1/3 coronaire &gt; 1/3 moyen &gt; 1/3 apical</li> </ul>	
11	Hedge V., Arora S. ; Journal of Conservative Dentistry ; 2015 (53)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ AHPlus (GuttaPercha)</li> <li>▶ Epiphany (Resilon)</li> <li>▶ SmartPaste (Systeme SmartSeal)</li> </ul> -> technique monocône	Test de pénétration bactérienne à <i>Enterococcus faecalis</i> pendant 60jours	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Pas de différence statistiquement significative entre système SmartSeal et Epiphany/Resilon</li> <li>▶ AHPlus &lt;&lt; SmartPaste et Epiphany</li> </ul>	Meilleure étanchéité des obturations hydrophiles que les obturations hydrophobes
12	Viapiana R., Guerreiro-Tanomaru J., Tanomaru-Filho M., Camilleri J. ; Journal of Dentistry ; 2014 (132)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ AHPlus</li> <li>▶ ciments à base de ciments de Portland avec agents radio-opacifiants:               <ul style="list-style-type: none"> <li>. oxyde de micro-zirconium</li> <li>. oxyde de nano-zirconium</li> <li>. oxyde de micro-niobium</li> <li>. oxyde de nano-niobium</li> </ul> </li> </ul> -> system B	Evaluation de la profondeur de pénétration de ciment dans les tubuli dentinaires au microscope confocal (3coupes dans les 1/3 coronaire, moyen et apical)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ pénétration dans 1/3 coronaire et 1/3 moyen &gt;&gt; 1/3 apical</li> <li>▶ oxyde de nano-zirconium &gt; AHPlus (1/3 apical)</li> <li>▶ oxyde de micro-niobium - (1/3 coronaire)</li> </ul>	
13	Singh CV., Rao SA., Chandrashekar V. Journal of Conservative Dentistry ; 2012 (121)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ AHPlus</li> <li>▶ Resino Seal</li> <li>▶ oxyde de zinc eugénol</li> </ul> -> compactage latéral à froid	Evaluation de la profondeur de pénétration de ciment dans les tubuli dentinaires au microscope électronique à balayage.	AHPlus > Resino Seal > oxyde de zinc eugénol	

► Etudes comparant l'étanchéité apicale des ciments à base de biocéramique

Tableau 7.

N°	Auteur, Revue, Année de publication	Ciments d'obturation testés et technique	Méthode	Résultats	Incidence clinique
14	Ersahan S., Aydin C. ; Acta Odontologica Scandinavica ; 2013 (37)	<ul style="list-style-type: none"> <li>► iRoot SP</li> <li>► Sealapex</li> <li>► EndoREZ</li> <li>► AHPlus</li> </ul>	Test de filtration des fluides	<ul style="list-style-type: none"> <li>► AHPlus = iRoot SP++</li> <li>► AHPlus et iRoot SP &gt;&gt; à Sealapex et EndoREZ</li> </ul>	
15	Zhang W., Li Z, Peng B. ; OOOOE ; 2009 (148)	<ul style="list-style-type: none"> <li>► iRoot SP (E&amp;Q Plus system condensation verticale à chaud)</li> <li>► iRoot SP (technique monocône)</li> <li>► AHPlus (compactage vertical à chaud)</li> </ul>	Test de filtration de fluides à 24h, 1, 4 et 8 semaines (mesures réalisées à 2min d'intervalle pendant 8min)	Pas de différence statistiquement significative entre les groupes	iRootSP est un ciment approprié pour les obturations en technique monocône, MAIS d'autres études sont nécessaires pour évaluer ses performances cliniques
16	Wang F., Wu JM., Xue M. ; Shanghai Journal of Stomatology ; 2013 (139)	<ul style="list-style-type: none"> <li>► iRootSP</li> <li>► AHPlus</li> <li>-&gt; compactage vertical à chaud</li> </ul>	Test de pénétration de colorant	Pas de différence statistiquement significative entre les 2ciments	
17	Gade VJ., Belsare LD., Patil S., Bhede R., Gade JR. ; Journal of Conservative Dentistry ; 2015 (43)	<ul style="list-style-type: none"> <li>► Endosequence BC</li> <li>► AHPlus</li> <li>► Endomethasone N</li> <li>-&gt; compactage latéral à froid</li> <li>-&gt; compactage vertical à chaud</li> </ul>	Evaluation de la force d'adhésion du ciment aux parois dentinaires (technique du push-out)	<ul style="list-style-type: none"> <li>► AHPlus &gt;&gt; Endosequence BC &gt; Endomethasone N (pour le compactage latéral)</li> <li>► Endosequence BC &gt;&gt; AHPlus &gt; Endomethasone N (pour le compactage vertical à chaud)</li> </ul>	Influence de la technique d'obturation et du ciment sur la force d'adhésion des ciments aux parois



N°	Auteur, Re- vue, Année de publication	Ciments d'obturation testés et tech- nique	Méthode	Résultats	Incidence clinique
18	Hegde V., Arora S. ; Contemporary Clinical Dentistry ; 2015 (54)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ AHPlus (+Gutta percha)</li> <li>▶ Smartpaste bio (+CPoint)</li> <li>▶ Endosequence BC (+Gutta percha imprégnée)</li> <li>▶ RealSeal SE (+Resilon) (compactage latéral pour le premier groupe et technique monocône pour les autres)</li> </ul>	Test de pénétration de glucose: mesures à 1jour, 1, 2, 3, 4 et 6 semaines	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Smartpaste bio (+CPoint) = Endosequence BC (+Gutta percha imprégnée) &gt;&gt; RealSeal SE (+Resilon) &gt; AHPlus (+Gutta percha)</li> <li>▶ augmentation progressive de la pénétration de glucose avec le temps</li> </ul>	
19	Hedge V., Jain A., Ved R., Arora S. ; Endodontology ; 2015 (55)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ AH Plus (+Gutta percha)</li> <li>▶ SmartPaste Bio (+CPoint)</li> <li>▶ Epiphany (+Resilon) (compactage latéral à froid pour le premier groupe et technique monocône pour les autres)</li> </ul>	Test de pénétration bactérienne à <i>E. faecalis</i> pendant 60jours	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ SmartPaste Bio (+CPoint) &gt; AH Plus (+Gutta percha) et Epiphany (+Resilon)</li> <li>▶ AH Plus (+Gutta percha) = Epiphany (+Resilon)</li> </ul>	Adaptation supérieure des systèmes d'obturation hydrophiles dans les canaux ovalaires
20	Celikten B., Uzuntas CF., Orhan Al., Orhan K., Tufenkci P., Kursun S., Demiralp KÖ. ; Scanning ; 2015 (19)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Endosequence BC (+Gutta percha)</li> <li>▶ SmartPaste Bio (+Gutta percha)</li> <li>▶ ActiV GP (+cônes ActiV GP)</li> <li>▶ AH Plus (+Gutta percha) (technique monocône)</li> </ul>	Evaluation du pourcentage de vides au scanner Micro-CT	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ pas de différence statistiquement significative entre les ciments</li> <li>▶ moindre pourcentage de vides dans le tiers apical</li> </ul>	

► Etudes comparant l'étanchéité apicale du ciment MTA Fillapex® à d'autres ciments

Tableau 8.

N°	Auteur, Revue, Année de publication	Ciments d'obturation testés et technique	Méthode	Résultats	Incidence clinique
21	Amoroso-Silva PA., Guimarães BM., Marciano MA., Duarte MA., Cavenago BC., Ordinola-Zapata R., Almeida MM., Moraes IG. ; Microscopy Research and Technique ; 2014 (3)	<ul style="list-style-type: none"> <li>► MTA Fillapex</li> <li>► AHPlus</li> <li>-&gt; technique monocône</li> </ul>	Evaluation de vides canalaires et de la pénétration intra-tubulaire de ciment au microscope confocal à balayage laser: (rhodamine B à 2.1% utilisée) observation des coupes à 2, 4 et 6mm de l'apex	<ul style="list-style-type: none"> <li>► AHPlus ++ &gt;&gt; MTA Fillapex (% de vides)</li> <li>► pas de différence statistiquement significative pour la pénétration intra-tubulaire de ciment</li> </ul>	Importance de la qualité du ciment endodontique essentielle pour le pronostic du traitement endodontique
22	Yegin Z., Keser G., Tosun G.; (oral session presentation) ; 2012 (147)	<ul style="list-style-type: none"> <li>► MTA Fillapex</li> <li>► Sealapex</li> <li>► AHPlus</li> </ul>	Test de filtration des fluides à 24h et 180jours	Sealapex++ et AHPlus++ >> MTA Fillapex	
23	Gomes-Filho JE., Moreira JV., Watanabe S., Lodi CS., Cintra LT., Dezan Junior E, Bernabé PF., Nery MJ., Otoboni Filho JA.; Journal of Applied Oral Science ; 2012 (45)	<ul style="list-style-type: none"> <li>► MTA Fillapex</li> <li>► Sealapex</li> <li>► EndoCPM</li> <li>-&gt; technique monocône</li> </ul>	Test de pénétration d'un colorant : Rhodamine B à 0.2% pendant 7jours: mesures au stéréomicroscope de la longueur de pénétration de colorant à l'interface dentine/ matériau d'obturation	<ul style="list-style-type: none"> <li>► pas de différence statistiquement significative entre Sealapex et MTA Fillapex</li> <li>► Endo CPM --</li> </ul>	Sealapex et Fillapex sont capables d'assurer une bonne étanchéité apicale, mieux que EndoCPM
24	Razavian H., Barekatin B., Shadmehr E., Khatami M., Bagheri F., Heidari F. ; Dental Research Journal ; 2014 (105)	<ul style="list-style-type: none"> <li>► MTA Fillapex</li> <li>► AH26</li> <li>-&gt; compactage latéral à froid</li> </ul>	Test de pénétration bactérienne <i>E.faecalis</i> pendant 90jours (injection tous les 3jours de 10 <sup>9</sup> <i>E.faecalis</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>► MTA Fillapex &lt;&lt; AH26</li> <li>► MTA Fillapex: diminution de l'étanchéité avec le temps ++</li> </ul>	D'autres études sont nécessaires en particulier sur les animaux..
25	Sönmez IS., Oba AA., Sönmez D., Almaz ME. ; European archives of paediatric dentistry ; 2012 (123)	<ul style="list-style-type: none"> <li>► MTA Fillapex</li> <li>► ProRoot MTA</li> <li>► AHPlus</li> </ul>	Test de pénétration de colorant: bleu de méthylène à 2% pendant 72heures	MTA Fillapex -- << AHPlus et ProRootMTA	

N°	Auteur, Revue, Année de publication	Ciments d'obturation testés et technique	Méthode	Résultats	Incidence clinique
26	Reyhani MF, Ghasemi N, Rahimi S, Milani AS, Barhaghi MH, Azadi A. ; Minerva Stomatol ; 2015 (107)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ MTA Fillapex</li> <li>▶ AHPlus</li> </ul> -> compactage latéral	Test de pénétration bactérienne à <i>E. faecalis</i> sur 90 jours (inoculation toutes les 72h dans le 1/3 coronaire du canal)	PAS de différence significative entre les deux ciments	
27	Kok D., Rosa RA., Barreto MS., Busanello FH., Santini MF., Pereira JR., Só MV.; Microscopy Research and Technique ; 2014 (67)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ MTA Fillapex</li> <li>▶ AHPlus</li> </ul> -> compactage latéral + retraitement endodontique	Evaluation de la pénétration de ciment dans les tubuli dentinaires au microscope confocal à 2mm de l'apex	Pas de différence statistiquement significative entre les 2 ciments	Bonne pénétration des 2 ciments lors des traitements endodontiques, mais absence de pénétration au retraitement endodontique
28	Nikhil V., Bansal P., Sawani S. ; Journal of Conservative Dentistry ; 2015 (87)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ MTA Fillapex</li> <li>▶ AHPlus</li> </ul> -> technique monocône	Evaluation de la pénétration de ciment dans les tubuli dentinaires au microscope confocal à 3 et 6mm de l'apex	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ MTA Fillapex &gt;&gt; AHPlus</li> <li>▶ meilleure pénétration à 6mm qu'à 3mm</li> </ul>	

## II - 2 Résultats d'études sur les techniques de mise en place du ciment et l'étanchéité apicale.

Très peu d'études ont été réalisées pour évaluer l'efficacité des différentes méthodes de mise en place du ciment canalaire.

Les mots-clés utilisés sur Pubmed pour rechercher les articles les plus récents sur l'efficacité des techniques de mise en place des ciments (à partir de 2008) sont: "sealer placement technique", "sealing ability", "sealer penetration", "ultrasonics", "lentulospiral", "confocal laser scanning microscopy", "percentage and depth of sealer penetration"

**Tableau 9. Etudes comparant les techniques de mise en place du ciment et l'étanchéité apicale**

N°	Auteur, Revue, Année de publication	Techniques de mise en place du ciment testées	Méthode d'évaluation	Résultats	Incidence clinique
29	Guinesi AS., Faria G., Tano-marú-Filho M., Bonetti-Filho I. ; Brazilian Dental Journal ; 2014 (48)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ maître cône enduit</li> <li>▶ Lentulo de diamètre 25 à LT-2mm avant mise en place du maître cône</li> <li>▶ lime K de diamètre 25 à LT avant mise en place du maître cône</li> <li>-&gt; AH Plus (compactage latéral à froid et technique monocône)</li> </ul>	Evaluation des vides canaux et des pourcentages de Gutta Percha et de ciment au microscope digital, à 2mm, 4mm et 6mm de l'apex	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Lentulo &gt; lime K &gt;&gt; maître cône enduit (dans la technique monocône)</li> <li>▶ pas de différence statistiquement significative avec le compactage latéral à froid</li> </ul>	<p>La technique de mise en place du ciment n'interfère pas dans la technique de compactage latéral.</p> <p>La technique monocône ne devrait être utilisée que si un instrument est utilisé pour la mise en place du ciment dans le canal</p>
30	Nikhil V., Singh R.; Journal of Conservative Dentistry ; 2013 (88)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Lentulo</li> <li>▶ lime ultrasonore</li> <li>▶ Endoactivator -&gt; AH26 (compactage latéral à froid)</li> </ul>	Evaluation de la profondeur et du pourcentage de pénétration de ciment dans les tubuli au microscope confocal, à 3 et 6mm de l'apex	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Lime ultrasonore &gt; Lentulo &gt;&gt; Endoactivator</li> <li>▶ pas de différence significative entre lime ultrasonore et Lentulo à 3mm</li> <li>▶ moindre pénétration à 3mm qu'à 6mm</li> </ul>	Influence de la technique de mise en place du ciment sur la profondeur et le pourcentage de pénétration
31	Said HM., Bakar WZ., Farea M., Husein A. ; Journal of Conservative Dentistry ; 2012 (111)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Lentulo mécanique</li> <li>▶ Lentulo manuel</li> <li>▶ maître cône enduit</li> <li>-&gt; AH26 (compactage latéral à froid)</li> </ul>	Pénétration de colorant (bleu de méthylène)	PAS de différence statistiquement significative	<p>Pas d'influence de la technique de mise en place du ciment sur la qualité de l'étanchéité.</p> <p>Privilégier la technique du maître cône enduit de ciment car plus facile à utiliser</p>

N°	Auteur, Revue, Année de publication	Techniques de mise en place du ciment testées	Méthode d'évaluation	Résultats	Incidence clinique
32	Nikhil V., Bansal P., Sawani S. ; Journal of Conservative Dentistry ; 2015 (87)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ lime ultrasonore</li> <li>▶ Lentulo à 300t/min</li> <li>▶ lime Protaper F1 à 300t/min</li> </ul> -> AHPlus et MTAFillapex (technique monocône)	Evaluation du pourcentage et de la profondeur de pénétration de ciment dans les tubuli au MCBL, à 3 et 6mm de l'apex	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ lime ultrasonore &gt;&gt; Lentulo et lime Protaper</li> <li>▶ MTAFillapex &gt; AHPlus</li> <li>▶ moindre pénétration de ciment à 3mm qu'à 6mm</li> </ul>	La pénétration de ciment est influencée par la méthode de mise en place du ciment, le type de ciment et le niveau canalaire
33	Guimaraes BM., Amoroso-Silva PA., Alcalde MP., Marciano MA., de Andrade FB., Duarte MA. ; Journal of Endodontics ; 2014 (47)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ avec activation ultrasonore</li> <li>▶ sans activation ultrasonore</li> </ul> -> AHPlus, AcroSeal, AdSeal, Sealer 26 (compactage latéral à froid)	Evaluation du pourcentage de vides et de pénétration dentinaire de ciment au microscope confocal à 2, 4 et 6mm de l'apex	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ activation ultrasonore &gt; absence d'activation (vides et pénétration dentinaire de ciment)</li> <li>▶ AHPlus vides à 2mm: activation ultrasonore &gt; absence d'activation</li> <li>▶ AcroSeal, AdSeal, Sealer 26 vides à 4 et 6mm: activation ultrasonore &gt; absence d'activation</li> <li>▶ AHPlus, AcroSeal, Sealer 26 pénétration de ciment à 4mm: activation ultrasonore++</li> <li>▶ AHPlus et Sealer 26 pénétration de ciment à 6mm: activation ultrasonore++</li> </ul>	L'activation ultrasonore de ciments à base de résine époxy donne une meilleure pénétration dentinaire et moins de vides

### Synthèse de la revue de littérature

Selon cette synthèse de revue de la littérature sur les ciments AH Plus®, MTA Fillapex® et ceux à base de biocéramique, les techniques d'évaluation de l'étanchéité les plus fréquemment rencontrées dans ces articles récents sont la technique de pénétration de colorant, et la mesure de la longueur de pénétration de ciment dans les tubuli, suivies de la méthode de pénétration bactérienne à *E. faecalis*. L'évaluation des vides canalaires au microscope confocal à balayage laser reste une méthode encore peu utilisée, comparée aux tests de pénétration. En revanche, elle est plus courante lors de comparaisons des techniques d'obturation.

Les tests d'évaluation de l'étanchéité des ciments par pénétration bactérienne ne donnent pas toujours les mêmes résultats que les tests de pénétration de colorant, ou encore l'évaluation des vides canalaires ou de la pénétration de ciment dans les tubuli au MCBL; en revanche les tests de pénétration de colorant ont montré en général des résultats similaires aux tests de filtration des fluides.

Pour les comparaisons des techniques d'obturation, on observe souvent une divergence des résultats entre les tests réalisés par filtration des fluides et par évaluation des vides canalaires au microscope; la méthode d'évaluation des vides a montré des résultats différents sur les mêmes techniques d'obturation en fonction des études. On a obtenu des résultats similaires cependant en utilisant les tests de pénétration bactérienne et le test de filtration des fluides.

La meilleure méthode semble être l'appréciation des vides en corrélation avec l'étanchéité.

Il n'y a cependant pas d'étude de la corrélation entre l'appréciation des vides et la pénétration bactérienne dans la littérature.

D'après l'analyse des résultats trouvés dans ces articles, AH Plus® semble être un des meilleurs ciments d'obturation en terme d'étanchéité *in vitro*, précédé d'après de nombreuses études par les nouveaux ciments adhésifs à base de résine composite Epiphany® et RealSeal®; MTA Fillapex® est dans cette revue de littérature le ciment présentant globalement la moins bonne étanchéité, quelle que soit la technique d'évaluation utilisée.

Le peu d'articles parus sur l'étanchéité apicale des ciments à base de biocéramique laisse supposer de très bonnes capacités de scellement de ces ciments, proches voire souvent supérieures à AH Plus®.

Concernant la comparaison de l'efficacité des méthodes de mise en place des ciments endodontiques, la technique d'évaluation la plus fréquemment rencontrée est l'évaluation des longueurs de pénétration de ciment dans les tubuli dentinaires au microscope confocal.

Malheureusement les seules techniques d'obturation étudiées sont jusqu'à aujourd'hui surtout la technique de compactage latéral à froid, et la technique monocône.

La technique de mise en place du ciment avant obturation qui a donné les meilleurs résultats dans les différentes études correspond, en technique monocône, à l'application de ciment avec une lime ultrasonore, suivie de la mise en place avec un Lentulo; il en est de même en technique de compactage latéral à froid entre la lime ultrasonore et le Lentulo, mais pas de différence statistiquement significative n'a été trouvée entre l'utilisation d'un Lentulo, d'une lime K ou du maître cône enduit.

Une seule étude a mis en évidence l'utilité d'une activation ultrasonore en compactage latéral à froid dans le cas de ciments à base de résine époxy par rapport à l'absence d'activation ultrasonore.

## Corrélations cliniques entre étanchéité coronaire, qualité de l'obturation endodontique et guérison

---

La percolation apicale est un facteur majeur influençant le succès à long terme des traitements endodontiques, car elle a des effets biologiques sévères entraînant une récurrence de la pathologie endodontique et un échec du traitement endodontique. (86)

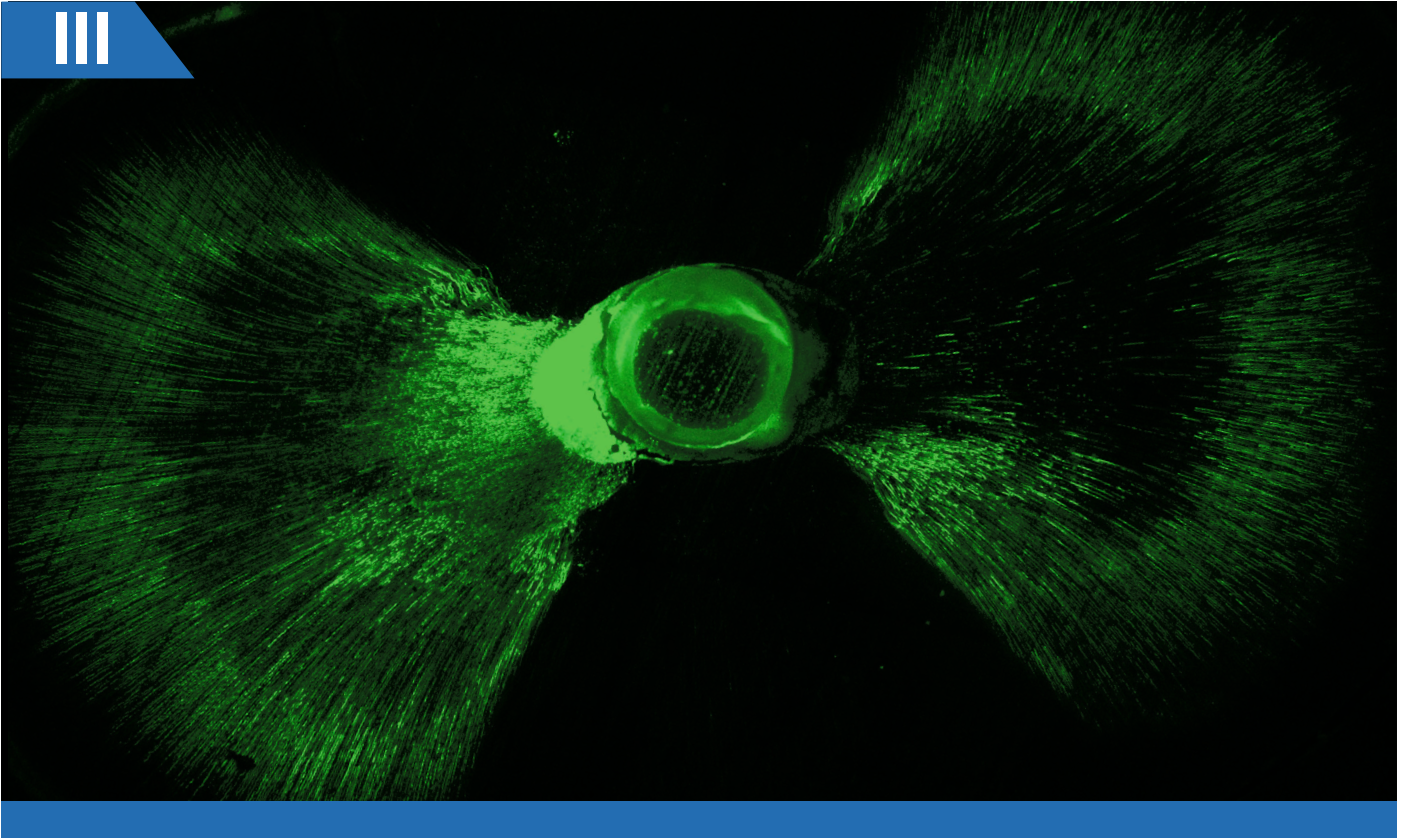
Down et Ingle avaient montré que la percolation apicale, en particulier dans les cas d'obturation incomplète, représentait environ 60% des échecs endodontiques. (39)

La qualité du traitement canalaire est une des raisons principales du taux d'échec endodontique (126) (63) : une mauvaise qualité d'obturation est le facteur le plus souvent associé à des retraitements endodontiques non chirurgicaux. (56)

L'étanchéité coronaire s'est révélée être aussi, voire plus importante encore que l'étanchéité apicale pour le succès clinique du traitement endodontique. (126) (104)

Une ancienne étude de Ray et Trope a rapporté que l'association d'une bonne qualité technique des obturations canalaires et d'une bonne restauration coronaire représentait 91.4% de taux d'absence d'inflammation péri-radulaire. (104)

Mais le succès endodontique dépend également de la réponse de l'hôte et de son adaptation aux manques d'étanchéité apicale ou coronaire pouvant suivre le traitement endodontique. (91)



## OBJECTIF DE L'ETUDE

### III - 1 Objectif

Cette étude va s'intéresser à deux ciments d'obturation canalaire : SmartPaste Bio®, et AH Plus®. Son but consiste à évaluer et comparer l'herméticité et l'étanchéité de ces ciments, en utilisant la technique d'obturation de Gutta Percha au SystemB®, et à l'aide du CPoint®.

Le protocole d'évaluation mis en oeuvre dans cette étude est l'évaluation de la profondeur de pénétration de ciment dans les tubuli dentinaires au microscope confocal à balayage laser, ainsi que l'évaluation du pourcentage de vides à 2mm de l'apex.

Il s'agit d'un travail commun effectué en collaboration avec Mlle Suso Elodie. Nous interpréterons les résultats liés aux ciments, alors que Mlle Suso interprétera les résultats liés aux techniques.



## III - 2 Les deux différents ciments comparés dans cette étude

### Smartpaste Bio® (Smartseal)

#### Composition :

- ▶ à base de résine, de silicate de calcium (issu des matériaux MTA), avec adjonction de biocéramique
- ▶ contient de l'oxyde de zirconium, des silicates de calcium, du phosphate de calcium monobasique, de l'hydroxyde de calcium, des agents épaississants

Figure 7a. (69)



#### Réaction de prise :

La réaction de prise produit de l'hydroxyde de calcium et de l'hydroxyapatite.

L'eau est un catalyseur pour la prise.

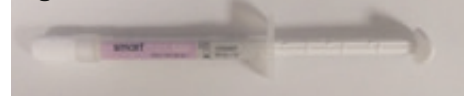
#### Smartpaste bio

#### Smartseal

#### Propriétés :

- ▶ très stable dimensionnellement et non résorbable grâce à la biocéramique
- ▶ insoluble grâce à l'hydroxyapatite formé
- ▶ antibactérien lors de la prise (pH très alcalin >12)),
- ▶ biocompatible
- ▶ hydrophile
- ▶ radio-opaque
- ▶ légère expansion de prise

Figure 7b.



#### Utilisation :

Avec CPoint ou de la Gutta Percha :

- ▶ temps de travail: jusqu'à 4h
- ▶ temps de prise : de 4 à 10h

### AH Plus® (Dentsply)

#### Composition :

Il se présente sous forme d'une application pâte-pâte époxyde/amine : à base de di-époxyde, tungstate de calcium, oxyde de zirconium, aerosil, pigments, amino adamantane, N,N'-dibenzyl-5-oxa-nonandiamine-1,9, TCD diamine et huile de silicone

Figure 8a.



#### Réaction de prise :

Le di-époxyde réagit avec l'amine pour former un polymère par addition: l'époxyde-amine

#### AH Plus

#### Dentsply

#### Propriétés :

- ▶ non résorbable, hydrophobe
- ▶ bonne adhésion à la dentine et à la Gutta-percha
- ▶ radio-opaque
- ▶ faible solubilité et bonne stabilité dimensionnelle
- ▶ bonne étanchéité (41) (12)
- ▶ relargage de formaldéhyde minime (amélioration par rapport au AH26®)
- ▶ biocompatible (74)
- ▶ bonne fluidité (légère thixotropie)

Figure 8b.



#### Utilisation :

- ▶ temps de travail : 4h (à 23°C)
- ▶ temps de prise : au moins 8h (à 37°C)

## MATERIEL ET METHODES

### IV - 1 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 la méthode d'obturation sur le comportement des ciments de scellement. Ainsi deux thèses seront soutenues : l'une comparant un nouveau ciment à base de biocéramique SmartPaste Bio® avec un ciment classique à base de résine époxy AH Plus®, en utilisant deux techniques d'obturation différentes (cette thèse), l'autre comparant la nouvelle technique d'obturation CPoint® à la technique classique SystemB® avec deux ciments canalaires différents. (129)

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 a été obtenue par section des dents coronairement à 16mm de l'apex avec une fraise diamantée cylindro-conique sur turbine; cela a permis de supprimer cette variable au niveau de la mise en forme.

L'expérience a été réalisée par deux étudiantes en 6<sup>ème</sup> année d'odontologie.

Deux radiographies préopératoires ont été prises pour chaque dent dans les directions vestibulo-linguale et mésio-distale afin de vérifier l'anatomie canalaire et l'intégrité de la lumière canalaire.

### IV - 2 Préparation canalaire

#### ► Préparation manuelle:

L'ouverture du canal a été réalisée sous irrigation à l'hypochlorite de sodium NaOCl, à 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 (30/100, conicité 4%) 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/ .04), utilisé en technique de crown-down en 3 vagues :

- tiers coronaire (5mm) avec appui pariétal,
- tiers moyen (12mm) avec appui pariétal,
- tiers apical (à la LT) en picking-motion (mouvement de va-et-vient jusqu'à la LT sans appui pariétal)

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 (LAM) (lime K n°35): en cas d'apex explosé ou plus large initialement, les dents ont été calibrées et les échantillons répertoriés: 6 dents ont été recalibrées à un diamètre 40, et 4 dents à 45.

Les dents ont ensuite été conservées dans la solution de paraformaldéhyde tamponnée à 4%.

#### ► Essayage clinique (tug-back + contrôle visuel) :

- du maître cône à la LT (35/.04) et des fouloirs à LT-4mm: pour les groupes obturés au SystemB®
- du Verifier® à la LT (35/.04) : pour les groupes obturés au CPoint®

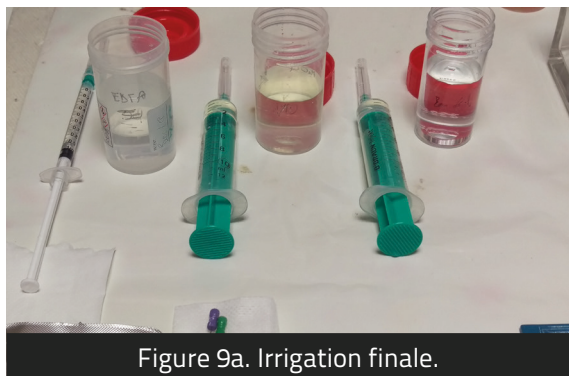


Figure 9a. Irrigation finale.

- 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.

#### ► 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 dihémiopotassique, 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



Figure 9b. Irrigation finale.

#### ► Séchage :

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

## IV - 3 Techniques d'obturation et sélection des groupes

Mlle Suso et moi nous sommes réparti de façon aléatoire les échantillons, tant pour leur mise en forme canalair 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 et Marciano et al. 2011), et hydrosoluble afin de permettre le mélange avec les ciments.

Le ciment et la Rhodamine B ont été mélangés. Les cônes CPoint® ont été précoupés 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 trois 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®, afin d'assurer l'étanchéité coronaire.

Toutes 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 1

CPoint® et SmartPaste Bio®

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 2

CPoint® et AH Plus®

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 trois 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 » a été formé par compaction 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 10 secondes; ensuite le fouloir a été descendu jusqu'au stop en chauffant si possible et retiré à froid contre une paroi, puis la Gutta a été 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.

### Obturation du groupe 3

SystemB®, Gutta Percha et SmartPaste Bio®

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

### Obturation du groupe 4

SystemB®, Gutta Percha et AH Plus®

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

## IV - 4 Sections et analyses au microscope



Figure 10. Inclusion des dents dans la résine

#### ► 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 trois jours à température ambiante.

## ▶ Coupes et polissage

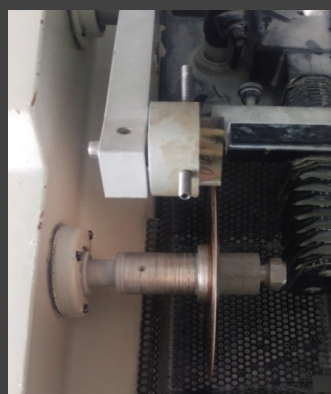


Figure 11a.



Figure 11b.



Figure 11c.



Figure 11d.

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 ont été 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.

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.

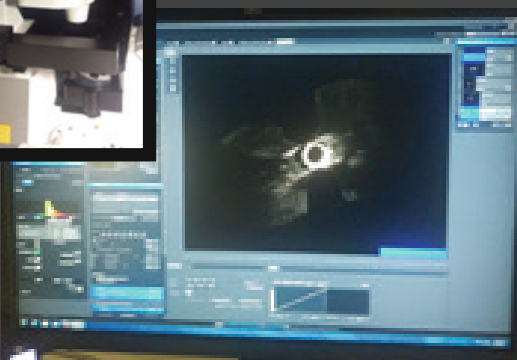
## ▶ Analyses au microscope

Tous les échantillons ont été examinés sous microscopie confocale à balayage laser (microscope inversé Zeiss LSM 710) ; 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 grandissement x10 avec une ouverture numérique de 0.45.



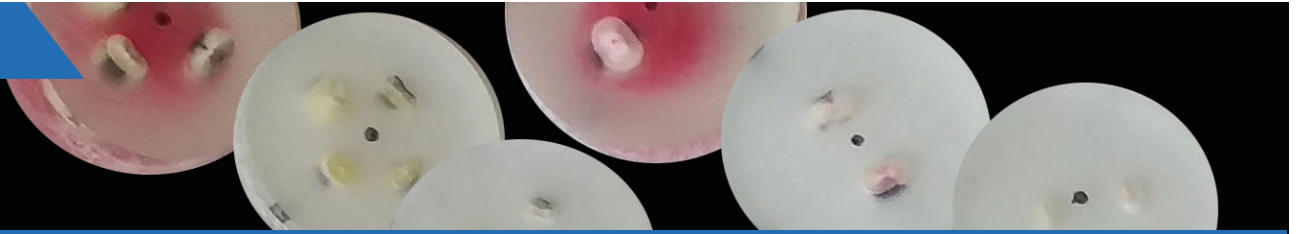
Figure 12a et b. Coupes analysées au microscope confocal



## IV - 5 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 canaux la moins importante possible.



## RESULTATS

### V - 1 Comparaison des longueurs de pénétration de ciment dans les tubuli dentinaires par niveau de coupe

L'hypothèse nulle à évaluer est l'hypothèse selon laquelle il n'y a pas de différence statistiquement significative dans les longueurs de pénétration intra-tubulaire entre les ciments. L'hypothèse alternative est qu'il y a une différence significative entre ces ciments. Le seuil d'erreur alpha a été fixé à 5% pour tous les tests. Les dents témoins n'ont pas montré d'autofluorescence.

Dans cette étude, la longueur de pénétration dans les tubuli dentinaires est statistiquement similaire pour les deux ciments à 2mm ( $P=0.0761$ ) (les résultats sont notés dans

la figure 13, et le tableau 10); en revanche, des différences statistiquement significatives ont été trouvées en faveur du ciment à base de biocéramique à 5mm ( $P=0.0012$ ) et à 9mm ( $P=0.0001$ ).

La longueur de pénétration la plus importante est retrouvée à 9mm, et la moins importante à 2mm pour les deux ciments, avec une différence statistiquement significative à tous les niveaux pour le ciment SmartPaste Bio®, et une différence statistiquement significative entre 2 et 9mm d'une part, et 5 et 9mm d'autre part pour le ciment AHPlus®. (Tableau 11).

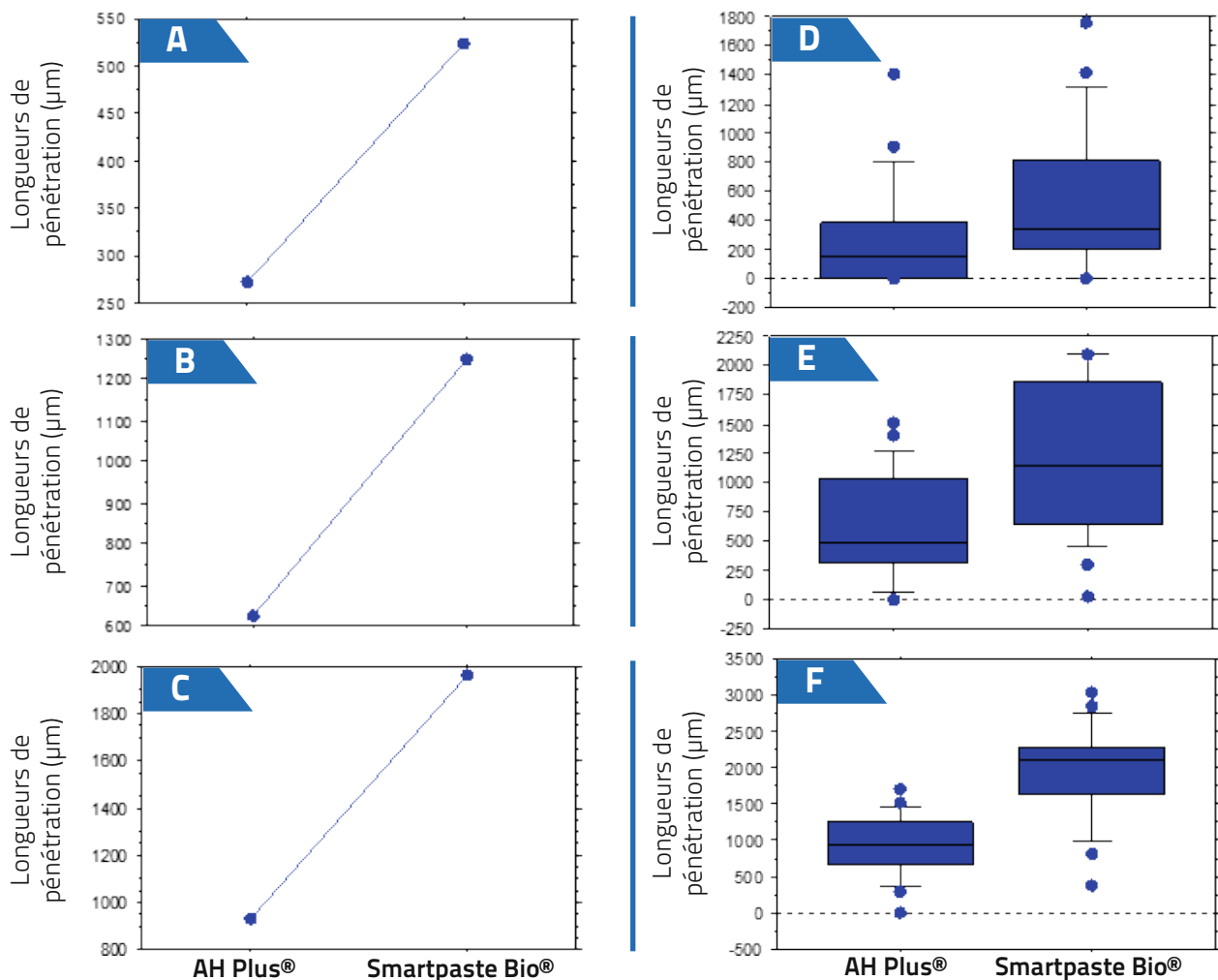


Figure 13. Histogrammes comparant les moyennes de pénétration maximale de ciment dans les tubuli à 2mm (A), 5mm (B), et 9mm (C), et histogrammes en boîte de Tukey donnant la médiane, les valeurs maximale et minimale et les quartiles des longueurs de pénétration de ciment à 2mm (D), 5mm (E), et 9mm (F).

		2mm	5mm	9mm
Moyenne (µm)	AH Plus®	271.25	624.30	932.05
	SmartPaste Bio®	524.10	1249.55	1960.65
Ecart-type	AH Plus®	367.96	451.40	427.90
	SmartPaste Bio®	499.27	656.97	668.54
Probabilité P:		0.0761	<b>0.0012</b>	<b>0.0001</b>

**Tableau 10:** Comparaison des moyennes, des écart-types et de la probabilité P (différences significatives en gras) des longueurs de pénétration de ciment dans les tubuli dentinaires à chaque niveau de coupe en fonction du ciment.

**Tableau 11:** Comparaison de la probabilité P des longueurs de pénétration de ciment entre les niveaux de coupe en fonction du ciment.

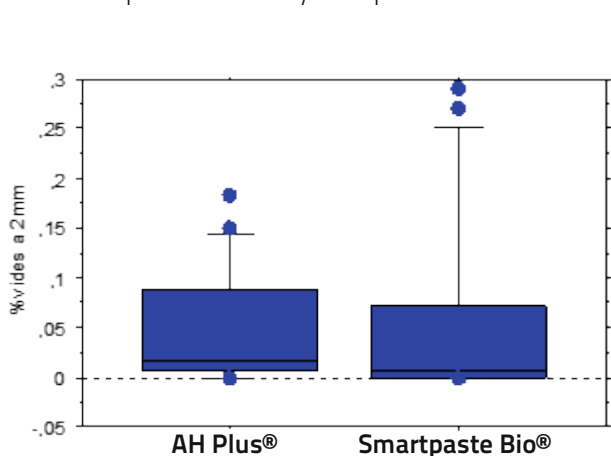
	AH Plus	SmartPaste Bio
2 - 5mm	0.0694	<b>0.0004</b>
5 - 9mm	<b>0.0318</b>	<b>&lt;0.0001</b>
2 - 9mm	<b>0.0002</b>	<b>0.0005</b>

Les écart-types pour chaque ciment à chaque coupe ne sont pas trop élevés par rapport à la moyenne, démontrant ainsi une certaine reproductibilité, mais ce n'est pas le cas pour les dents obturées au ciment AH Plus® à 2mm, où l'écart-type est supérieur à la moyenne, signifiant que l'échantillon est plus dispersé.

## V - 2 Comparaison à 2mm du pourcentage de vides selon le ciment

De même, l'hypothèse nulle est l'absence de différence statistiquement significative de pourcentage de vides entre les ciments (calculé grâce à la formule: aire de vides (µm) \* 100 / aire totale du canal (µm)).

Les résultats sont similaires (P>0.05) entre AH Plus® et SmartPaste Bio®, indépendamment des techniques, avec cependant un étalement non négligeable de la distribution des vides pour les deux ciments: écart-type 1.5 fois supérieur à la moyenne pour le ciment à base de biocéramique (Figure 14 et tableau 12).



**Figure 14.** Pourcentage de vides à 2mm en fonction des ciments.

		2mm
Moyenne (µm)	AH Plus®	4.8%
	SmartPaste Bio®	6%
Ecart-type	AH Plus®	5.8%
	SmartPaste Bio®	9%
Probabilité P:		0.2977

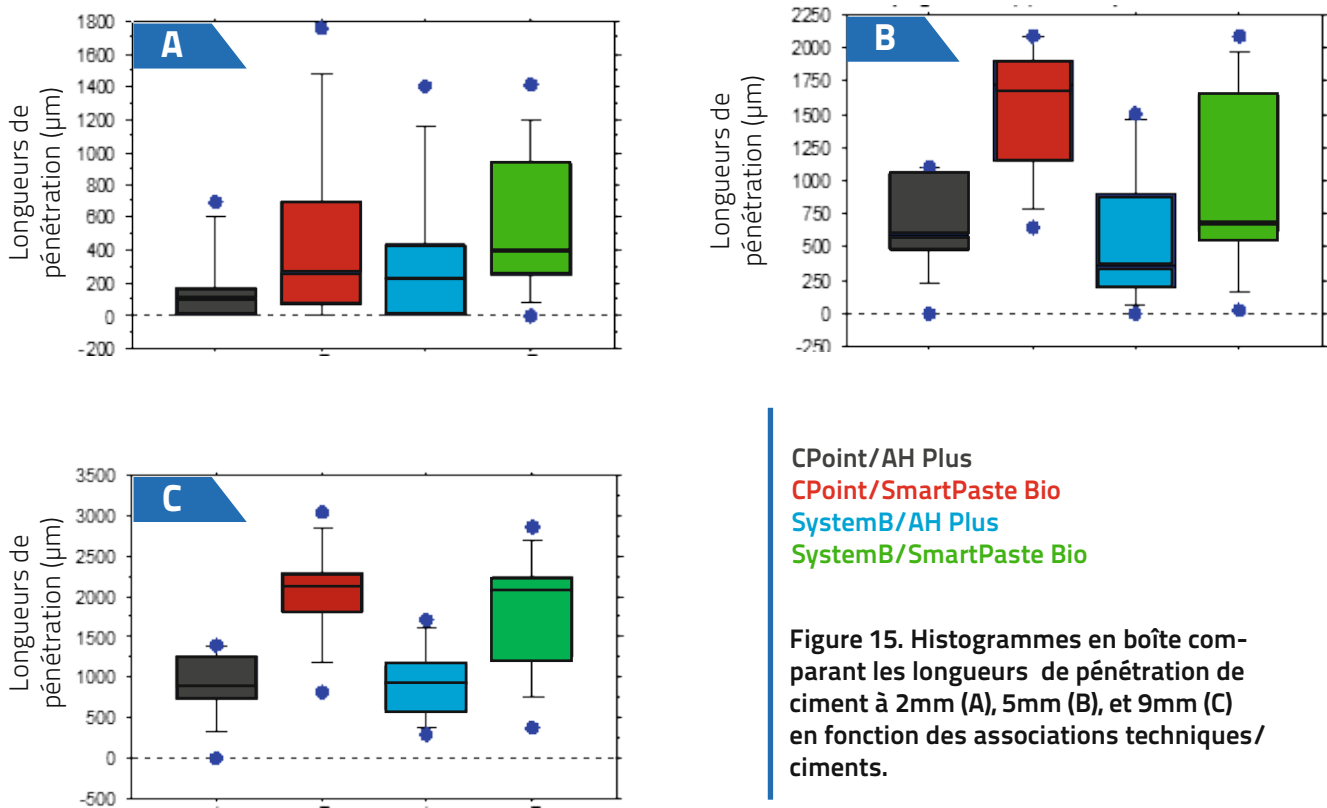
**Tableau 12.** Comparaison des moyennes, des écart-types et de la probabilité P des pourcentages de vides à 2mm en fonction du ciment.

## V - 3 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/SmartPaste Bio par rapport au CPoint/AH Plus (P=0.0014), au SystemB/AH Plus (P=0.0003) et au SystemB/SmartPaste Bio (P=0.0265).

A 9mm, les longueurs de pénétration de CPoint/SmartPaste Bio sont statistiquement plus élevées que CPoint/AH Plus et que SystemB/AH Plus (P<0.0001), et celles de SystemB/SmartPaste Bio sont statistiquement supérieures au CPoint/AH Plus (P=0.0009) et SystemB/AH Plus (P=0.0010) (Figure 15 et Tableau 15).



CPoint/AH Plus  
 CPoint/SmartPaste Bio  
 SystemB/AH Plus  
 SystemB/SmartPaste Bio

Figure 15. Histogrammes en boîte comparant les longueurs de pénétration de ciment à 2mm (A), 5mm (B), et 9mm (C) en fonction des associations techniques/ ciments.

	CPoint/ AH Plus	CPoint/ SmartPaste Bio	SystemB/ AH Plus	SystemB/ SmartPaste Bio
<b>2 - 5mm</b>	<b>0.0029</b>	<b>0.0005</b>	0.3892	0.1360
<b>5 - 9mm</b>	0.1497	<b>0.0420</b>	0.0884	<b>0.0046</b>
<b>2 - 9mm</b>	<b>&lt;0.0001</b>	<b>&lt;0.0001</b>	<b>0.0135</b>	<b>&lt;0.0001</b>

Tableau 13. Probabilité P (résultats significatifs en gras) entre les niveaux de coupe pour chaque groupe.



A 5 et 9mm, tous les échantillons sont assez reproductibles, ainsi que le groupe SmartPaste Bio à 2mm; mais les trois autres groupes à 2mm sont très dispersés, avec une valeur de l'écart-type jusqu'à 1.38 fois supérieure à la moyenne pour le groupe CPoint/AH Plus. (Tableau 14)

Moyenne (µm) & écart-type (µm)	Niveau de coupe	2mm	5mm	9mm
<b>Moyennes</b>	<b>CPoint/AH Plus</b>	176.60	694.20	929
	<b>CPoint/SmartPaste Bio</b>	514.60	1528	2069.90
	<b>SystemB/AH Plus</b>	365.90	554.40	935.10
	<b>SystemB/SmartPaste Bio</b>	533.60	971.10	1851.40
<b>Ecart-types</b>	<b>CPoint/AH Plus</b>	243.32	368.67	425.32
	<b>CPoint/SmartPaste Bio</b>	576.30	518.65	604.28
	<b>SystemB/AH Plus</b>	454.67	532.36	453.45
	<b>SystemB/SmartPaste Bio</b>	440.36	685.48	742.89

Tableau 14. Comparaison 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
<b>CPoint/AH Plus CPoint/SmartPaste Bio</b>		<b>0.0014</b>	<b>&lt;0.0001</b>
<b>CPoint/AH Plus SystemB/AH Plus</b>		0.5649	0.9811
<b>CPoint/AH Plus SystemB/SmartPaste Bio</b>		0.2575	<b>0.0009</b>
<b>CPoint/SmartPaste Bio SystemB/AH Plus</b>	>0.05	<b>0.0003</b>	<b>&lt;0.0001</b>
<b>CPoint/SmartPaste Bio SystemB/SmartPaste Bio</b>		<b>0.0265</b>	0.3977
<b>SystemB/AH Plus SystemB/SmartPaste Bio</b>		0.0919	<b>0.0010</b>

Tableau 15. Probabilité P (résultats significatifs en gras) entre les groupes deux à deux pour chaque niveau.

Pour chaque groupe, la longueur de pénétration de ciment dans les tubuli est d'autant plus importante que la coupe est coronaire (Tableau 14): dans le groupe obturé au CPoint/SmartPaste Bio, 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) (Tableau 13). 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/SmartPaste Bio, des différences significatives sont retrouvées entre 2 et 9mm, et entre 5 et 9mm.

## V - 4 Comparaison à 2mm du pourcentage de vides selon l'association technique/ciment

Il y a un plus grand pourcentage de vides statistiquement significatif à 2mm dans les échantillons obturés au CPoint/SmartPaste Bio par rapport au SystemB/AH Plus ( $P=0.0184$ ) et par rapport au SystemB/SmartPaste Bio ( $P=0.0023$ ). (Tableau 17)

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. (Tableau 16 et Figure 16).

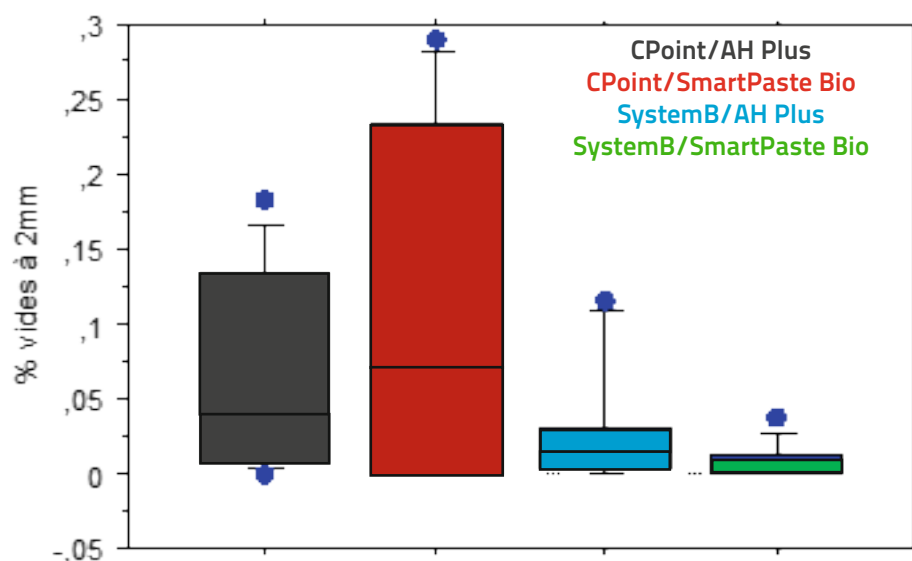


Figure 16. Medianes et écart-types des pourcentages de vides à 2mm en fonction des groupes

	Niveau de coupe	2mm		2mm
Moyennes ( $\mu\text{m}$ )	CPoint/AH Plus	6.4%	CPoint/AH Plus CPoint/SmartPaste Bio	0.1413
	CPoint/SmartPaste Bio	11.3%	CPoint/AH Plus SystemB/AH Plus	0.3402
	SystemB/AH Plus	3.3%	CPoint/AH Plus SystemB/SmartPaste Bio	0.0843
	SystemB/SmartPaste Bio	0.6%	CPoint/SmartPaste Bio SystemB/AH Plus	<b>0.0184</b>
Ecart-types ( $\mu\text{m}$ )	CPoint/AH Plus	6.9%	CPoint/SmartPaste Bio SystemB/SmartPaste Bio	<b>0.0023</b>
	CPoint/SmartPaste Bio	11.9%	SystemB/AH Plus SystemB/SmartPaste Bio	0.4241
	SystemB/AH Plus	4.2%		
	SystemB/SmartPaste Bio	1.2%		

Tableau 16. Comparaison des moyennes et écart-types des pourcentages de vides à 2mm en fonction de chaque groupe.

Tableau 17. Probabilités P (résultats significatifs en gras) des pourcentages de vides à 2mm en fonction de chaque groupe.

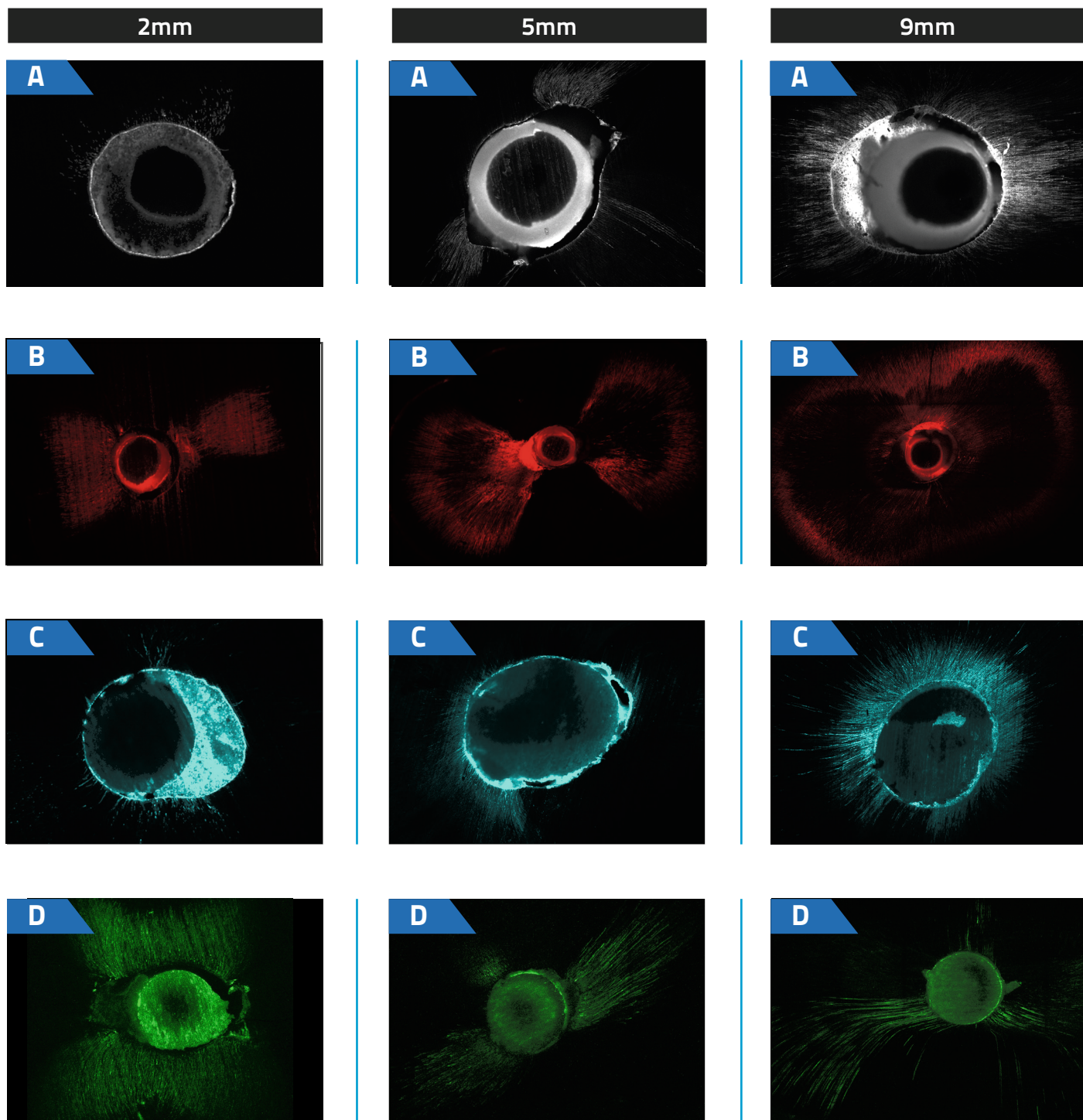


Figure 17. Images d'échantillons représentatifs des groupes CPoint/AH Plus (A), CPoint/SmartPaste Bio (B), SystemB/AH Plus (C), SystemB/SmartPaste Bio (D) en profondeur de pénétration de ciment dans les tubuli à 2, 5, et 9mm.

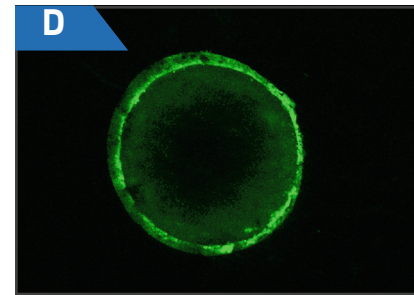
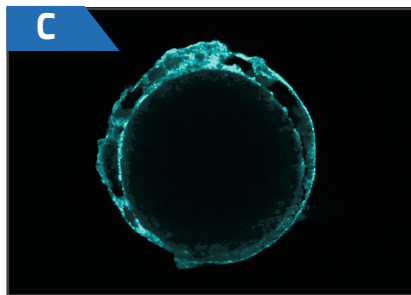
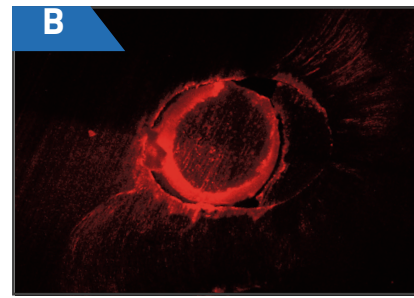
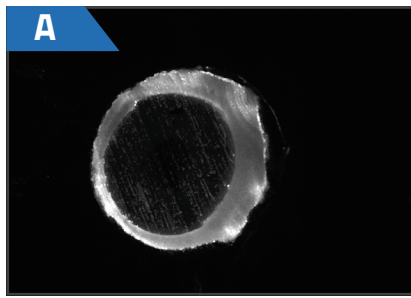


Figure 18. Images d'échantillons représentatifs des groupes CPoint/AH Plus (A), CPoint/SmartPaste Bio (B), SystemB/AH Plus (C), SystemB/SmartPaste Bio (D) en pourcentage de vides à 2mm.

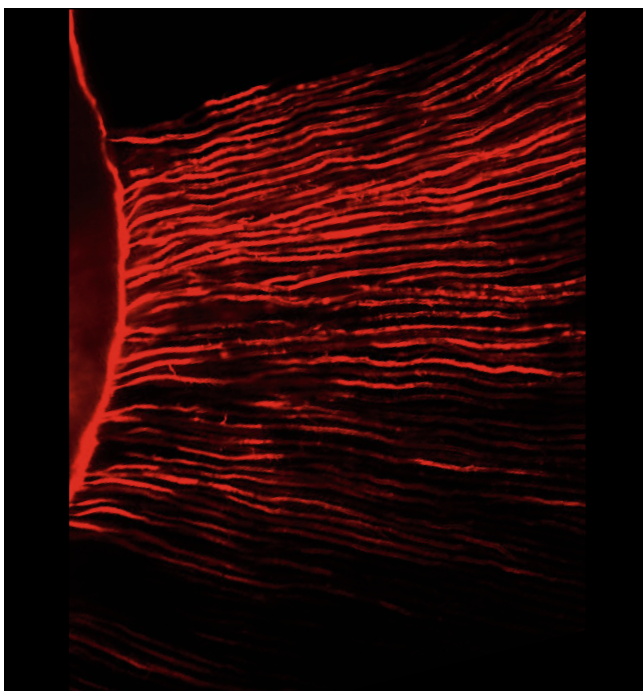
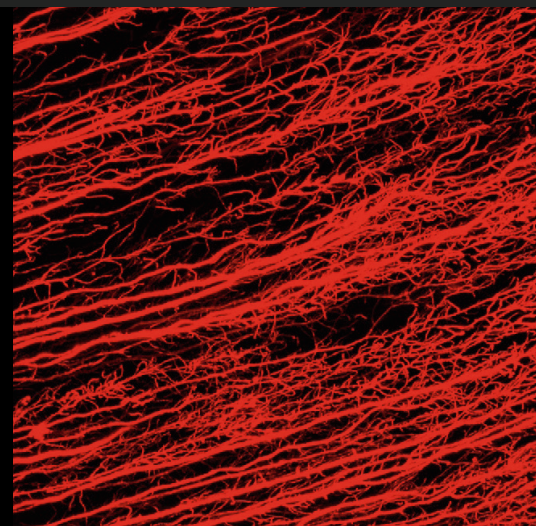
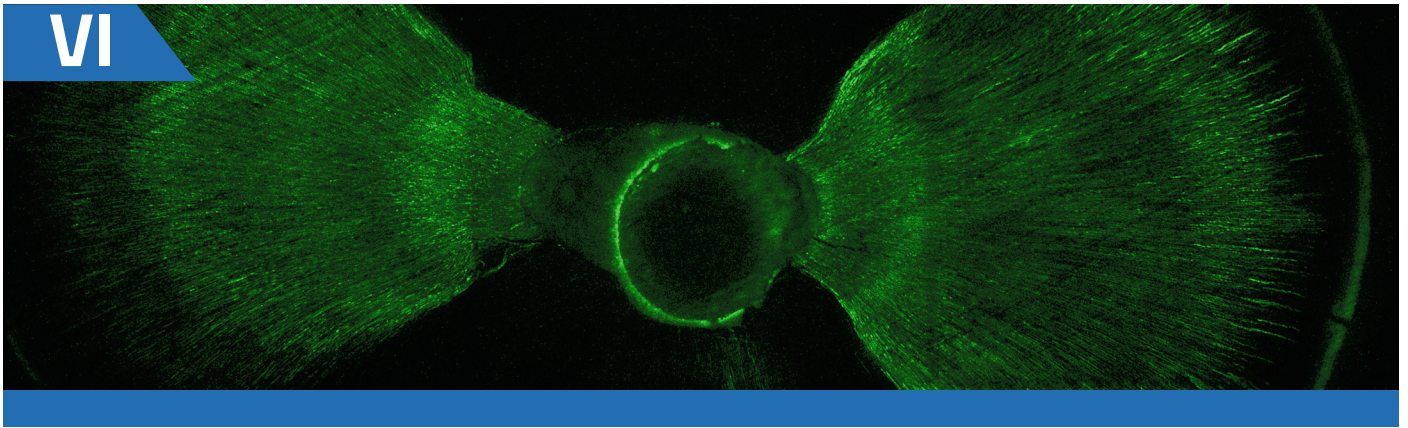


Figure 19. Grandissement x25 et x63 au microscope confocal mettant en évidence la pénétration de ciment dans le réseau dentinaire



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 respectivement dans les figures 17 et 18.

Le microscope confocal a permis d'observer à fort grandissement la pénétration de ciment dans tout le réseau dentinaire, depuis la paroi canalaire jusque dans les micro-ramifications des tubuli (Figure 19).



## DISCUSSION

Pour le succès du traitement endodontique, il faut éviter la formation de vides à l'intérieur de l'obturation ou à l'interface dentine-ciment. (132) De même, la profondeur de pénétration de ciment dans les tubuli dentinaires doit être maximale. (121)

Le but de cette étude a été d'évaluer l'étanchéité du nouveau ciment à base de biocéramique SmartPaste Bio® par rapport à AH Plus® en comparant les pourcentages de vides et la longueur de pénétration maximale de ciment intra-tubulaire, après préparation canalaire avec un instrument mécanisé unique F360 (Komet), en utilisant deux techniques d'obturation différentes.

Ainsi, dans cette étude on a fait varier à la fois le matériau d'obturation, le ciment et la technique d'obturation.

### VI - 1 Discussion du protocole

Les critères de sélection des dents dans cette étude (monoradiculées, sans courbure canalaire et avec formation radiculaire complète) ont permis d'éviter les biais en rapport avec les échantillons, et de standardiser les spécimens; cependant, l'ovalité plus ou moins importante des canaux n'a pas pu être évitée pour certains échantillons.

La technique de mise en forme a été protocolisée au mieux, afin, là aussi, d'éviter des biais de méthodologie et d'obtenir une meilleure reproductibilité; l'instrument mécanique de mise en forme F360(Komet) 35/.04 a été choisi pour diverses raisons:

- ▶ instrument rotatif NiTi unique: instrumentation unique de plus en plus recherchée pour des raisons d'ergonomie et de gain de temps en clinique
- ▶ conicité à 4% de la mise en forme: conicité minimale selon Albrecht et al. permettant une élimination efficace des débris par l'irrigation, à diamètre apical identique (2), tout en évitant une perte de substance trop importante,
- ▶ diamètre apical à 35, afin de former une butée apicale suffisante pour les matériaux d'obturation.

Le ciment AH Plus® a été utilisé pour comparaison, en raison de son faible pourcentage de vides et de ses excellentes propriétés physiques (3): il s'agit du ciment gold standard en endodontie. Cette étude a été réalisée sur le ciment SmartPaste Bio®, car il s'agit d'un ciment très récent, encore peu étudié dans la littérature, mais qui semble intéressant pour ses diverses propriétés décrites par le fabricant (excellentes propriétés physiques, légère expansion de prise, excellente tolérance biologique et propriétés antibactériennes, hydrophilie, et cetera).

On n'a malheureusement pas pu comparer dans cette étude l'étanchéité des ciments en fonction de leur mise en place dans le canal: dans notre expérimentation le ciment a été appliqué par badigeonnage du cône (CPoint ou Gutta-percha), quel que soit le groupe.

D'après notre synthèse de la revue de littérature sur les techniques de mise en place du ciment dans les canaux, la mise en place avec une lime ultrasonore ou un Lentulo était plus intéressante en terme d'étanchéité dans les techniques du monocône; ainsi, d'autres études prenant en compte ce critère pourraient également être intéressantes pour comparer ce nouveau ciment à base de biocéramique. La mise en place du ciment a été réalisée dans notre étude par enduction du cône pour ne pas risquer d'introduire de biais lors de l'obturation au SystemB®.

La technique d'obturation choisie pour comparaison (le SystemB®) est elle aussi la technique gold-standard en endodontie: elle permet d'obtenir des obturations homogènes et étanches, et elle a pour avantage de compacter la Gutta-percha en une seule vague. (133)

Le système d'obturation CPoint® semblait intéressant d'après le fabricant, puisqu'il est censé présenter une expansion hygroscopique latérale sans expansion axiale, en absorbant l'eau résiduelle des espaces canaux instrumentés et l'eau issue de l'humidité naturelle intra-canal. (33)

De plus, il s'agit d'une technique monocône, faisant donc partie des techniques d'obturation les plus simples et rapides.

La méthode d'évaluation de l'étanchéité utilisée dans cette étude fait appel à des techniques modernes, basées sur la biologie moléculaire: utilisation d'un fluorochrome qui émet une certaine fluorescence, permettant d'obtenir un signal en microscopie confocale, pour montrer la distribution du ciment endodontique; le MCBL scanne point par point les échantillons dans un plan (x et y), et peut également scanner en profondeur (z) en bougeant l'objectif dans l'axe z. Puis les photons sont convertis en électrons, et enfin en niveau de gris par la conversion analogique, afin de reconstruire une image numérique.

Cette technique d'évaluation ne correspond pas à la méthode la plus courante dans la littérature, mais représente un moyen fiable et reproductible, avec de nombreux avantages (cf. tableau synthétique des méthodes d'évaluation de l'étanchéité).

## VI - 2 Discussion des résultats

Dans cette étude, l'hypothèse nulle entre les ciments a été rejetée à 5mm et 9mm pour les longueurs de pénétration maximale de ciment dans les tubuli: le ciment SmartPaste Bio® présentait, indépendamment de la technique utilisée, de meilleurs résultats d'étanchéité à 5mm et 9mm par rapport à AH Plus®. Ceci pourrait être expliqué par la propriété hydrophile du SmartPaste Bio®, qui diffuserait donc plus en profondeur dans les tubuli. En revanche, à 2mm de l'apex, AH Plus® et SmartPaste Bio® ne présentaient statistiquement pas de différence en terme de pénétration de ciment intra-tubulaire et en quantité de vide.

Les résultats ont montré une longueur de pénétration de ciment plus importante en coronaire qu'en apical pour les deux ciments, ceci pourrait s'expliquer par:

- ▶ une meilleure élimination de la smear layer dans les tiers coronaires que dans le tiers apical
- ▶ une densité des tubuli dentinaires plus importante en coronaire qu'en apical
- ▶ un diamètre des tubuli dentinaires plus important en coronaire qu'en apical (64).

Mais seul SmartPaste Bio® présentait une différence statistiquement significative de pénétration à tous les niveaux, ce que l'on pourrait expliquer là-aussi par ses propriétés hydrophiles et sa légère expansion lors de la prise.

L'observation des vides a montré sur les échantillons à 9mm des résultats incohérents, en particulier avec le SystemB®, sans doute en relation avec une mauvaise maîtrise de la technique de remontée par les étudiantes. C'est pourquoi l'étude du pourcentage des vides n'a été réalisée que sur les échantillons à 2mm pour limiter ce biais opérateur. En revanche, sur certains échantillons étudiés à 2mm, des espaces entre l'obturation et les murs dentinaires ont été observés même avec la compaction verticale à chaud, et ce malgré une pénétration de ciment dans les tubuli. Une hypothèse pouvant expliquer ceci serait l'existence d'un stress de rétraction associé au processus de polymérisation de la résine pour les échantillons obturés avec AH Plus® (93): le contact initial matériau-dentine est cassé par la rétraction de prise, le ciment se détache ainsi à l'interface dentine-ciment, aboutissant à la formation de vides (3) (11).

La rétraction de polymérisation du ciment induit un stress sur les murs canaux, et lorsque les forces de rétraction sont supérieures à celles d'adhésion de la résine à la dentine, ceci entraîne un décollement d'une partie de l'obturation pour diminuer le stress, et forme ainsi des vides le long des murs canaux. (52) Mais cette hypothèse n'est pas valable pour les échantillons obturés avec SmartPaste Bio®, car d'après le fabricant, il s'agit d'un ciment censé présenter une légère expansion de prise, de par ses propriétés hydrophiles; cependant, aucune étude n'a encore été réalisée à ce jour sur ce ciment afin de comparer ses changements volumétriques lors de la prise.

Sur les échantillons où une pénétration de ciment était visible, des tags dentinaires étaient présents à la fois dans les régions contenant des vides et celles n'en contenant pas pour les deux ciments.

On a pu trouver dans tous les groupes certains échantillons où le matériau d'obturation a obturé totalement l'espace canalair.

L'effet papillon a également pu être observé sur quelques coupes (12.5% des échantillons), et s'explique par le degré et la calcification des tubuli.

L'étanchéité de ce nouveau ciment à base de silicate de calcium SmartPaste Bio® n'a jamais été testée dans la littérature avec une technique d'obturation à chaud, notre étude semble donc intéressante, montrant que ce ciment donne également de bons résultats en terme d'étanchéité avec une utilisation à chaud ; mais d'autres études seraient nécessaires pour compléter nos résultats en évaluant les possibles changements dans la composition de ce ciment suite à l'application de chaleur lors de l'obturation.

AH Plus® est considéré comme le gold standard en endodontie: c'est un ciment très fréquemment utilisé par les endodontistes dans le monde, en raison de ses très bonnes propriétés physico-chimiques: faible solubilité (115), faible pourcentage de vides et bonne adaptation interfaciale (31) (77), radio opacité, capacité d'écoulement, épaisseur de film (77), ...

Cependant, il présente certains inconvénients par rapport au SmartPaste Bio®, tels que sa rétraction de polymérisation, et ses propriétés hydrophobes empêchant une bonne adaptation dans les canaux et tubuli ayant un séchage incomplet. (55)

SmartPaste Bio® est, selon le fabricant, biocompatible (ne causant donc aucune irritation en cas de dépassement), antibactérien, hydrophile, non résorbable à l'intérieur du canal, ne nécessite pas de mélange avant sa mise en place, et présente une légère expansion de prise. De plus, selon une étude de Celikten et al., les obturations avec SmartPaste Bio® et le Propoint® augmenteraient la résistance à la fracture des canaux radiculaires instrumentés (19).

Aucune étude n'a encore été réalisée à ce jour pour tester l'étanchéité du ciment Smart-Paste Bio® en utilisant l'évaluation du pourcentage de vides canalaires et la profondeur de pénétration de ciment dans les tubuli dentinaires au MCBL.

Mais des études récentes utilisant les tests de pénétration bactérienne et de glucose ont également montré l'efficacité supérieure en terme d'herméticité de ce ciment par rapport à AH Plus®. (54) (55)

En revanche, Celikten et al. ont montré l'absence de différence significative ( $P>0.05$ ) entre ces ciments par l'évaluation des vides au scanner Micro-CT (19). Une meilleure étanchéité des 2 ciments AH Plus® et SmartPaste Bio® était aussi retrouvée dans le tiers apical par rapport au tiers coronaire (en pourcentage de vides) (19), ce qui est cohérent avec notre étude (en profondeur de pénétration de ciment).

Le groupe obturé au CPoint/SmartPaste Bio présente la meilleure étanchéité en terme de profondeur maximale de pénétration de ciment dans les tubuli à 5mm et 9mm (sans différence significative avec le SystemB/SmartPaste Bio à 9mm), mais c'est celui qui présente le plus de vide à 2mm avec le CPoint/AH Plus; il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les groupes à 2mm pour la longueur de pénétration de ciment.

Le groupe le plus étanche à 2mm au niveau de la quantité de vides est celui obturé au SystemB/SmartPaste Bio, mais sans différence significative avec le SystemB/AH Plus. Ce dernier, en revanche, présente la moins bonne pénétration de ciment à 5 et 9mm, sans différence significative avec le CPoint/AH Plus à 9mm.

On observe donc à 5 et 9mm une bonne étanchéité de l'association CPoint/SmartPaste Bio (ainsi que du SystemB/SmartPaste Bio à 9mm) au niveau de la pénétration de ciment, mais une absence de corrélation des résultats à 2mm entre les techniques d'évaluation de l'étanchéité (longueur de pénétration de ciment versus quantité de vides) dans la comparaison des associations technique/ciment. D'autres études ont également rapporté des résultats différents en fonction de la technique d'évaluation utilisée (pénétration de ciment versus vides). (3) (47)

Deus et al. ont observé (en comparant la pénétration de ciment à la pénétration de glucose) l'absence de corrélation significative entre la pénétration de ciment dans les tubuli et la capacité de scellement canalaire; ceci démontrait que la capacité de pénétration dans les tubuli dentinaires de AH Plus® (observée au MCBL) ne pouvait pas être considérée comme une indication de la supériorité d'une technique d'obturation donnée ou d'un matériau d'obturation sur un autre. (27)

Cependant, il faut préciser que les études citées précédemment ont évalué le pourcentage de pénétration de ciment dans les tubuli (en même temps que les vides canaux), et non la profondeur de pénétration comme dans notre étude; elles ont justifié ce choix par le fait que le pourcentage de segments dans lesquels le ciment a pénétré dans les tubuli dentinaires semble plus intéressant et ayant une plus grande portée au niveau de l'interprétation clinique, comparé à la profondeur maximale de pénétration (47).

Mais, ceci ne semble pas très précis du fait que la quantité totale de pénétration de ciment dans les tubuli est en relation avec la sclérose des tubuli (et donc l'âge de la dent), ce qui doit donc être pris en considération dans les études. (27)

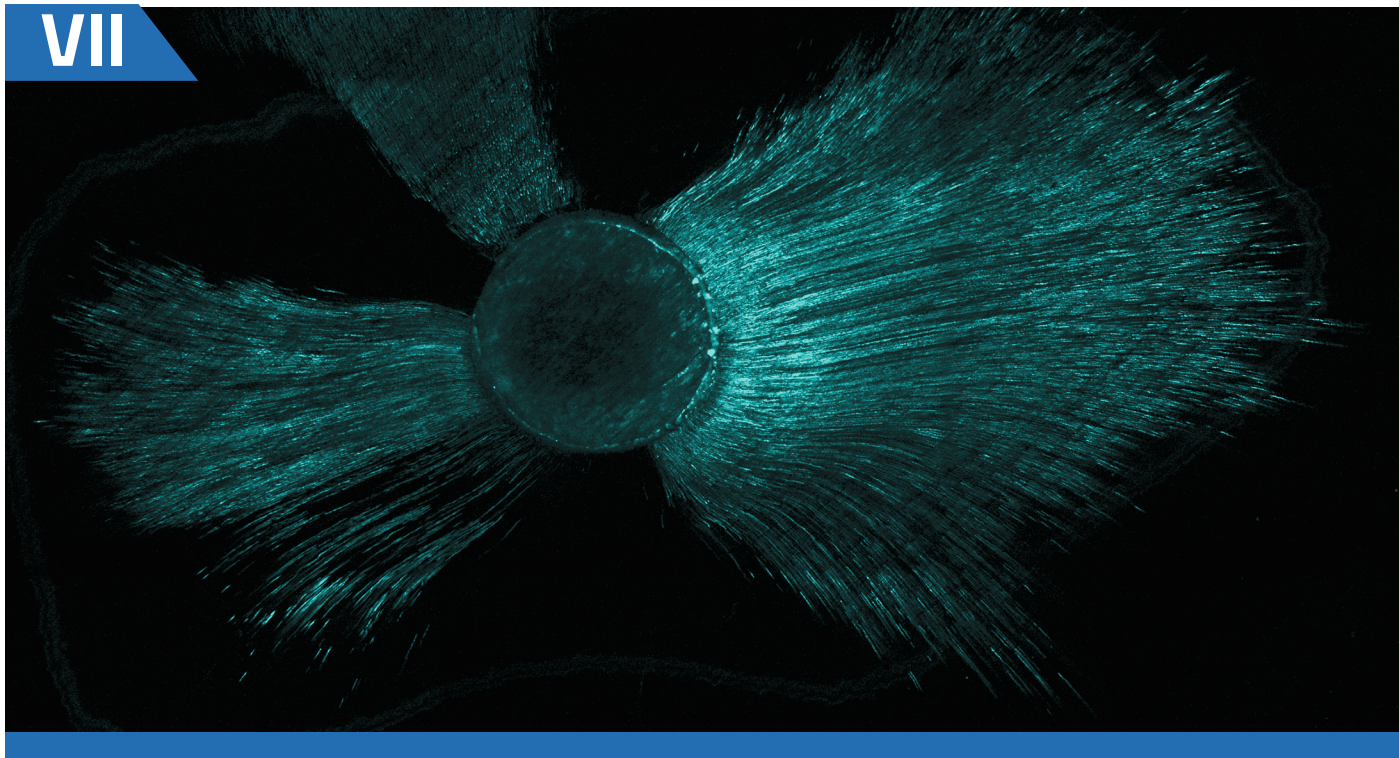
## VI - 3 Incidences cliniques

SmartPaste Bio® semble avoir de très bonnes propriétés de scellement à vérifier en clinique; de plus, il présente un avantage en terme de temps pour la pratique au fauteuil, ne nécessitant pas de mélange avant sa mise en place : ces résultats pourraient donc nous amener vers des études cliniques randomisées en double aveugle pour comparer ces ciments.

Les obturations aux CPoint/SmartPaste Bio présentent une certaine ergonomie et un gain de temps pour la clinique, respectant aussi

l'utilisation telle que le fabricant l'a conseillée ; dans la limite de notre étude, ce groupe présente de bons résultats globaux en terme d'étanchéité, même si à 2mm le plus faible pourcentage de vides est obtenu avec les associations SystemB/SmartPaste Bio et SystemB/AH Plus; CPoint/SmartPaste Bio pourrait donc présenter un bon compromis en clinique dans la limite des types de dents étudiées dans notre expérimentation (monoradiculées, sans courbure ni variation anatomique trop importantes).





## CONCLUSION

---

Dans les conditions de cette expérimentation, le nouveau ciment à base de biocéramique SmartPaste Bio® semble présenter une très bonne étanchéité canalaire, semblable, à 2mm de l'apex, et significativement supérieure, à 5 et 9mm, au ciment gold standard AH Plus®. La pénétration de ciment dans les tubuli est la plus importante dans les tiers coronaire comparée au tiers apical.

Basé sur notre étude, les obturations au SystemB/SmartPaste Bio et SystemB/AH Plus semblent être les plus homogènes en terme de pourcentage de vides à 2mm; mais les longueurs de pénétration de ciment dans les tubuli sont statistiquement similaires pour les quatre groupes à 2mm.

Dans les coupes moyenne et coronaire, les groupes CPoint/SmartPaste Bio et SystemB/SmartPaste Bio semblent les plus étanches en terme de pénétration de ciment.

D'autres études *in vitro*, comparant à la fois les propriétés physico-chimiques de ce ciment et son herméticité en utilisant d'autres techniques (pénétration bactérienne,...) et prenant mieux en compte les variations anatomiques des canaux (courbures, canaux latéraux,...), sont cependant nécessaires pour confirmer les capacités de scellement de ce ciment à base de biocéramique, et ce en particulier lors de son utilisation dans les techniques d'obturation à chaud.

Il serait aussi intéressant de réaliser des études *in vivo* à long terme, afin d'évaluer l'efficacité clinique du SmartPaste Bio®.



## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) Akhavan H., Zahdabadi F., Mehrvarzfar P., Ahmadi Birjandi A. Comparative study on the microleakage of three root canal sealers ; *Iran Endod J* ; 2011 ; Vol. 6, No. 1 ; pages 1 - 5
- (2) Albrecht LJ., Baumgartner JC., Marshall JG. Evaluation of apical debris removal using various sizes and tapers of ProFile GT files ; *J Endod* ; 2004 ; Vol.30, No. 6; pages 425 - 428
- (3) Amoroso-Silva PA., Guimarães BM., Marciano MA., Duarte MA., Cavenago BC., Ordinola-Zapata R., Almeida MM., Moraes IG. Microscopic analysis of the quality of obturation and physical properties of MTA Fillapex ; *Microsc Res Tech* ; 2014 ; Vol. 7, No.12; pages 1031 - 1036
- (4) Arens D.E., Gluskin A.H., Peters C. I., Peters O.A. Endodontic Obturation. In "Practical lessons in endodontic treatment". Quintessence Publishing Co, Hanover Park. 2009. Pages 233 - 238
- (5) Ari H., Belli S., Gunes B. Sealing ability of Hybrid Root SEAL (MetaSEAL) in conjunction with different obturation techniques ; *OOOOE* ; 2010 ; Vol. 109, No. 6 ; pages 113 - 116
- (6) Arslan H., Uygun AD., Gündüz HA., Karataş E., Cakici F., Alsancak M. Micro push-out bond strength of resin cement in roots exhibiting the butterfly effect. *Scanning* ; 2015 ; Vol. 37, No. 6 ; pages 406 - 408
- (7) Augsburger RA., Peters DD. Radiographic evaluation of extruded obturation materials ; *J Endod.* ; 1990 ; Vol. 16, No. 10, pages 492 - 497
- (8) Barbizam JV., Souza M., Cecchin D., Dabbel J. Effectiveness of a silicon-based root canal sealer for filling of simulated lateral canals ; *Braz Dent J* ; 2007 ; Vol. 18, No. 1 ; pages 20 - 23
- (9) Barthel CR., Moshonov J., Shuping G., Orstavik D. Bacterial leakage versus dye leakage in obturated root canals ; *Int Endod J.* ; 1999 ; Vol. 32, No. 5 ; pages 370 - 375
- (10) Barthel CR., Zaritzki FF., Raab WH., Zimmer S. Bacterial leakage in roots filled with different medicaments and sealed with Cavite ; *J Endod* ; 2006 ; Vol.32, No. 2 ; pages 127 - 129
- (11) Bergmans L., Moisiadis P., De Munck J., Van Meerbeek B., Lambrechts P. Effect of polymerization shrinkage on the sealing capacity of resin fillers for endodontic use. *J Adhes Dent.* 2005 ; Vol. 7, No. 4 ; pages 321 - 329
- (12) Borges RP., Sousa-Neto MD., Versiani MA., Rached-Júnior FA., De-Deus G., Miranda CE., Pécora JD. Changes in the surface of four calcium silicate-containing endodontic materials and an epoxy resin-based sealer after a solubility test ; *Int Endod J.* ; 2012 ; Vol.45, No. 5, pages 419 - 428
- (13) Brosco VH., Bernardineli N., Torres SA., Consolaro A., Bramante CM., de Moraes IG., Ordinola-Zapata R., Garcia RB. Bacterial leakage in obturated root canals-part 2: a comparative histologic and microbiologic analyses ; *OOOOE* ; 2010 ; Vol. 109, No. 5 ; pages 788 - 794
- (14) Camps J., Jeanneau C., El Ayachi I., Laurent P., About I. Bioactivity of a Calcium Silicate-based Endodontic Cement (BioRoot RCS): Interactions with Human Periodontal Ligament Cells In Vitro ; 2015 ; *J Endod* ; Vol. 41, No. 9 ; pages 1469 - 1473
- (15) Camps J., Pashley D. Reliability of the dye penetration studies ; *J Endod* ; 2003 ; Vol. 29, No. 9 ; pages 592 - 594
- (16) Candeiro GT., Correia FC., Duarte MA., Ribeiro-Siqueira DC., Gavini G. Evaluation of radiopacity, pH, release of calcium ions, and flow of a bioceramic root canal sealer; *J Endod* ; 2012 ; Vol. 38, No. 6; pages 842 - 845
- (17) Carratù P., Amato M., Riccitiello F., Rengo S. Evaluation of leakage of bacteria and endotoxins in teeth treated endodontically by two different techniques ; *J Endod* ; 2002 ; Vol. 28, No. 4 ; pages 272 - 275
- (18) Castelo-Baz P., Martín-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 ; Vol.39, No.3, pages : 159 -163.
- (19) Celikten B., Uzuntas CF., Gulsahi K. Resistance to fracture of dental roots obturated with different materials. *BiomMed Research International* ; 2015

- (20) Celikten B., Uzuntas CF., Orhan Al., Orhan K., Tufenkci P., Kursun S., Demiralp KÖ. Evaluation of root canal sealer filling quality using a single-cone technique in oval shaped canals: An In vitro Micro-CT study. Scanning ; 2015 ; [Epub ahead of print]
- (21) Chandra SS., Shankar P., Indira R. Depth of penetration of four resin sealers into radicular dentinal tubules: a confocal microscopic study ; J Endod ; 2012 ; Vol. 38, No. 10 ; pages 1412 - 1416
- (21') Cheng X., Chen B., Qiu J., He W., Lv H., Qu T., Yu Q., Tian Y. Bactericidal effect of Er:YAG laser combined with sodium hypochlorite irrigation against *Enterococcus faecalis* deep inside dentinal tubules in experimentally infected root canals. J Med Microbiol. ; 2016 ; Vol. 65, No. 2 ; pages 176 - 187
- (22) Cheng X., Chen B., Qiu J., He W., Lv H., Qu T., Yu Q., Tian Y. Bactericidal effect of Er:YAG laser combined with sodium hypochlorite irrigation against *Enterococcus faecalis* deep inside dentinal tubules in experimentally infected root canals. J Med Microbiol. ; 2016 ; Vol. 65, No. 2 ; pages 176 - 187
- (23) Chueh LH., Chen SC., Lee CM., Hsu YY., Pai SF., Kuo ML., Chen CS., Duh BR., Yang SF., Tung YL., Hsiao CK. Technical quality of root canal treatment in Taiwan ; Int Endod J. ; 2003 ; Vol. 36, No. 6, pages 416 - 422
- (24) Chugal NM., Clive JM., Spångberg LS. Endodontic infection: some biologic and treatment factors associated with outcome ; OOOOE ; 2003 ; Vol. 96, No. 1 ; pages 81 - 90
- (25) Claisse-Crinquette A. Pharmacologie endodontique : les matériaux d'obturation canalair et leurs solvants ; EMC ; 2011
- (26) CNEOC (Collège National des Enseignants en Odontologie Conservatrice et Endodontie). Dictionnaire Francophone des termes d'Odontologie Conservatrice, Endodontie & Odontologie Restauratrice. Editions Espace ID, Paris. 2010
- (27) De-Deus G., Brandão MC., Leal F., Reis C., Souza EM., Luna AS., Paciornik S., Fidel S. Lack of correlation between sealer penetration into dentinal tubules and sealability in nonbonded root fillings. Int Endod J. ; 2012 ; Vol. 45, No. 7 ; pages 642 - 651
- (28) De-Deus G., Coutinho-Filho T., Reis C., Murad C., Paciornik S. Polymicrobial leakage of four root canal sealers at two different thicknesses ; J Endod ; 2006 ; Vol. 32, No. 10, pages 998 - 1001
- (29) De-Deus G., Leal F., Soares J., Luna AS., Murad C., Fidel S., Fidel RA. Dye extraction results on bacterial leakproof root fillings ; J Endod ; 2008 ; Vol. 34, No. 9 ; pages 1093 - 1095
- (30) De-Deus G., Murad C., Paciornik S., Reis CM., Coutinho-Filho T. The effect of the canal-filled area on the bacterial leakage of oval-shaped canals ; Int Endod J. ; 2008 ; Vol. 41, No. 3 ; pages 183 - 190
- (31) De-Deus G., Reis C., Di Giorgi K., Brandão MC., Audi C., Fidel RA. Interfacial adaptation of the Epiphany self-adhesive sealer to root dentin ; OOOOE ; 2011 ; Vol. 111, No. 3 ; pages 381 - 386
- (32) Desai S., Chandler N. Calcium hydroxide-based root canal sealers: a review ; J Endod. ; 2009 ; Vol. 35, No. 4, pages : 475 - 480
- (33) 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 ; Vol. 41, No. 9 ; pages 796 - 801
- (34) Editorial Board of the Journal of Endodontics. Wanted: a base of evidence ; J Endod ; 2007 ; Vol. 33, No. 12 ; pages 1401 - 1402
- (35) Ehsani M., Dehghani A., Abesi F., Khafri S., Ghadiri Dehkordi S. Evaluation of Apical Micro-leakage of Different Endodontic Sealers in the Presence and Absence of Moisture ; JODD D ; 2014 ; Vol. 8, No. 3, pages:125 - 129
- (36) Emery O. Evaluation de l'étanchéité des obturations endocanalaire: revue de la littérature ; Revue d'Odonto Stomatologie ; 2002 ; Vol.31 ; pages 279 - 297
- (37) Ersahan S., Aydin C. Solubility and apical sealing characteristics of a new calcium silicate-based root canal sealer in comparison to calcium hydroxide-, methacrylate resin- and epoxy resin-based sealers ; Acta Odontol Scand ; 2013 ; Vol. 71, No.3-4 ; pages 857 - 862
- (38) European Society of Endodontology. Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology ; Int Endod J ; 2006 ; Vol. 39, No. 12 ; pages 921 -930
- (39) Farea M., Masudi S, Wan Bakar WZ. Apical microleakage evaluation of system B compared with cold lateral technique: In vitro study ; Australian Endodontic Journal ; 2010 ; Vol. 36, No. 2 ; pages 48 - 53
- (40) Fathia E., Hassan Abu-Bakr N., Yahia I. A Comparative Study of the Microleakage of Resilon/Epiphany and Gutta-Percha/AH-Plus Obturating Systems ; Iran Endod J ; 2012 ; Vol. 7, No. 3 ; pages 139 - 143
- (41) Flores DS., Rached FJ Jr., Versiani MA., Guedes DF., Sousa-Neto MD., Pécora JD. Evaluation of physico-chemical properties of four root canal sealers ; Int Endod J. ; 2011 ; Vol. 44, No.2, pages 126 - 135
- (42) Fransen JN., He J., Glickman GN., Rios A., Shulman JD., Honeyman A. Comparative assessment of ActiV GP/glass ionomer sealer, Resilon/Epiphany, and gutta-percha/AH plus obturation: a bacterial leakage study ; J Endod 2008 ; Vol. 34, No. 6 ; pages 725 - 727
- (43) Gade VJ., Belsare LD., Patil S., Bhede R., Gade JR. Evaluation of push-out bond strength of endosse-quence BC sealer with lateral condensation and thermoplasticized technique: An in vitro study ; J Conserv Dent ; 2015 ; Vol. 18, No. 2 ; pages 124 - 127
- (44) Gandolfi MG., Prati C. MTA and F-doped MTA cements used as sealers with warm gutta-percha. Long-

- term study of sealing ability ; *Int Endod J.* ; 2010 ; Vol.43, No. 10 ; pages 889 - 901
- (45) Gomes-Filho JE., Moreira JV., Watanabe S., Lodi CS., Cintra LT., Dezan Junior E., Bernabé PF., Nery MJ., Otoboni Filho JA. Sealability of MTA and calcium hydroxide-containing sealers ; *J Appl Oral Sci* ; 2012 ; Vol. 20, No. 3 ; pages 347 - 351
- (46) Grossmann Louis I. ; *Endodontic Practice* ; Louis I. Grossmann 10th edition 1981
- (47) Guimarães BM., Amoroso-Silva PA., Alcalde MP., Marciano MA., de Andrade FB., Duarte MA. Influence of ultrasonic activation of 4 root canal sealers on the filling quality ; *J Endod* ; 2014 ; Vol. 40, No. 7 ; pages 964 - 968
- (48) Guinesi AS., Faria G., Tanomaru-Filho M., Bonetti-Filho I. Influence of sealer placement technique on the quality of root canal filling by lateral compaction or single cone ; *Braz Dent J* ; 2014 ; Vol. 25, No. 2 ; pages 117 - 122
- (49) 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 ; Vol. 26, No. 3 ; pages 148 - 152
- (50) Haïkel Y., Wittenmeyer W., Bateman G., Bentaleb A., Allemann C. A new method for the quantitative analysis of endodontic microleakage ; *J Endod* ; 1999 ; Vol. 25, No. 3 ; pages 172 -177
- (51) Hammad M., Qualtrough A., Silikas N. Evaluation of root canal obturation: a three-dimensional in vitro study ; *J Endod* ; 2009 ; Vol. 35, No. 4 ; pages 541 - 544
- (52) Hammad M., Qualtrough A., Silikas N. Extended setting shrinkage behavior of endodontic sealers. *J Endod* ; 2008 ; Vol. 34, No. 1 ; pages 90 - 93
- (53) Hedge V., Arora S. Sealing ability of a novel hydrophilic vs. conventional hydrophobic obturation systems: A bacterial leakage study ; *J Conserv Dent.* ; 2015 ; Vol. 18, No. 1 ; pages 62 - 65
- (54) Hegde V., Arora S. Sealing ability of three hydrophilic single-cone obturation systems: An in vitro glucose leakage study ; *Contemp Clin Dent* ; 2015
- (55) Hedge V., Jain A., Ved R., Arora S. Sealing Ability of Novel Hydrophilic Single-Cone Obturation Systems in an Oval Canal: An In-Vitro Bacterial Leakage Study. *Endodontology* ; 2015 ; Vol. 27, Issue 1; pages 42 - 46
- (56) Hoen MM., Pink FE. Contemporary endodontic retreatments: an analysis based on clinical treatment findings ; *Journal of Endodontics* ; 2002 ; Vol. 28, No. 12 ; pages 834 - 836
- (57) <http://www.septodontusa.com/products/bioroot-rs>
- (58) Jainaen A., Palamara JE., Messer HH. Push-out bond strengths of the dentine-sealer interface with and without a main cone ; *Int Endod J* ; 2007 ; Vol. 40, No. 11 ; pages 882 - 890
- (59) Johnson W.T., Kulild J.C. Obturation of the Cleaned and Shaped Root Canal System. In «Cohen's Pathways of the Pulp». Mosby Elsevier, St. Louis. 2011. Pages 349 - 388
- (60) JORDANA F., CHOSSAT PH., COLAT-PARROS J. La GuttaPercha ; *Societe Francophone de Biomateriaux Dentaires* ; © Université Médicale Virtuelle Franco phone ; 2009-2010 ; pages 1-8
- (61) JORDANA F., CHOSSAT PH., COLAT-PARROS J. Les ciments de scellement canalaires ; *Société Francophone des biomatériaux* ; © Université Médicale Virtuelle Francophone ; 2009-2010 ; pages 1 - 10
- (62) Joseph R., Singh S. Evaluation of apical sealing ability of four different sealers using centrifuging dye penetration method: an in vitro study ; *J Contemp Dent Pract* ; 2012 ; Vol. 13, No. 6 ; pages 830 - 833
- (63) Juhász A. The importance of microleakage in endodontics: conclusions for the endodontic practice ; *Fogorv Sz* ; 2008 ; Vol. 101, No. 2 ; pages 43 - 48
- (64) Kara Tuncer A., Tuncer S. Effect of different final irrigation solutions on dentinal tubule penetration depth and percentage of root canal sealer. *J Endod.* ; 2012 ; Vol. 38, No. 6; pages 860 - 863
- (65) Kececi AD., Kaya BU., Belli S. Corono-apical leakage of various root filling materials using two different penetration models--a 3-month study ; *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* ; 2010 ; Vol. 92, No. 1 ; pages 261 - 267
- (66) Kim YK., Grandini S., Ames JM., Gu LS., Kim SK., Pashley DH., Gutmann JL., Tay FR. Critical review on methacrylate resin-based root canal sealers ; *J Endod* ; 2010 ; Vol. 36, No. 3 ; pages 383 - 399
- (67) Kok D., Rosa RA., Barreto MS., Busanello FH., Santini MF., Pereira JR., Só MV. Penetrability of AH plus and MTA fillapex after endodontic treatment and retreatment: a confocal laser scanning microscopy study ; *Microsc Res Tech* ; 2014 ; Vol. 77, No. 6 ; pages 467 - 471
- (68) Kontakiotis EG., Tzanetakis GN., Loizides AL. A 12-month longitudinal in vitro leakage study on a new silicon-based root canal filling material (Gutta-Flow) ; *OOOOE* ; 2007 ; Vol. 103, No. 6 ; pages 854 - 859
- (69) Krishnan H. Water-Expandable Endodontic Obturation Point: A Review ; *RRJDS* ; 2014 ; Vol. 2, Issue (Supplement 1), pages 37 - 41
- (70) Kuçi A., Alaçam T., Yavaş O., Ergul-Ulger Z., Kayaoglu G. Sealer penetration into dentinal tubules in the presence or absence of smear layer: a confocal laser scanning microscopic study. *J Endod.* 2014 ; Vol. 40, No. 10 ; pages 1627 - 1631
- (71) Kumar NS., Palanivelu A., Narayanan LL. Evaluation of the apical sealing ability and adaptation to the dentin of two resin-based Sealers: An in vitro study ; *J Conserv Dent* ; 2013 ; Vol. 16, No. 5 ; pages 449 - 453
- (72) Kumar SA., Shivanna V., Naian MT., Shivamurthy G. Comparative evaluation of the apical sealing ability

and adaptation to dentine of three resin-based sealers: An in vitro study ; J Conserv Dent ; 2011 ; Vol. 14, No. 1 ; pages 16 - 20

- (73) Kwang S., Abbott P. The presence and distribution of bacteria in dentinal tubules of root filled teeth ; Int Endod J. ; 2014 ; Vol. 47, No.6, pages 600 - 610
- (74) Leyhausen G., Heil J., Reifferscheid G., Waldmann P., Geurtsen W. Genotoxicity and cytotoxicity of the epoxy resin-based root canal sealer AH plus ; J Endod. ; 1999 ; Vol. 25, No. 2, pages 109 - 113
- (75) Mahera F., Economides N., Gogos C., Beltes P. Fluid-transport evaluation of lateral condensation, Pro-Taper gutta-percha and warm vertical condensation obturation techniques ; Aust Endod J. ; 2009 ; Vol. 35, No. 3 ; pages 169 - 173
- (76) Mamootil K., Messer HH. Penetration of dentinal tubules by endodontic sealer cements in extracted teeth and in vivo; Int Endod J. ; 2007 ; Vol. 40, No. 11, pages 873 - 881
- (77) 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 ; Vol. 37, No. 10 ; pages 1417 - 1421
- (78) Marciano MA., Ordinola-Zapata R., Cunha TV., Duarte MA., 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 ; Int Endod J ; 2011 ; Vol. 44, No. 4 ; pages 321 - 329
- (79) Mente J., Ferk S., Dreyhaupt J., Deckert A., Legner M., Staehle HJ. Assessment of different dyes used in leakage studies ; Clin Oral Investig ; 2010 ; Vol. 14, No. 3 ; pages 331 - 338
- (80) Mente J., Werner S., Koch MJ., Henschel V., Legner M., Staehle HJ., Friedman S. In vitro leakage associated with three root-filling techniques in large and extremely large root canals ; J Endod ; 2007 ; Vol. 33, No. 3 ; pages 306 - 309
- (81) Mjör IA., Nordahl I. The density and branching of dentinal tubules in human teeth. Arch Oral Biol. 1996 ; Vol. 41, No. 5 ; pages 401 - 412
- (82) Moinzadeh AT., Mirmohammadi H., Hensbergen IA, Wesselink PR, Shemesh H. The correlation between fluid transport and push-out strength in root canals filled with a methacrylate-based filling material ; Int Endod J ; 2015 ; Vol. 48, No. 2 ; pages 193 - 198
- (83) 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 ; Vol. 33, No. 3, pages 310 - 313
- (84) Mouran Loïc ; Thèse ; «Pénétration de ciment de scellement endodontique dans les tubules dentinaires : pré-étude en microscopie à fluorescence de 3 techniques d'obturation» ; 2013 ; Faculté de Chirurgie Dentaire de Toulouse
- (85) Muhammad OH., Chevalier M., Rocca JP., Brulat-Bouchard N., Medioni E. Photodynamic therapy versus ultrasonic irrigation: interaction with endodontic microbial biofilm, an ex vivo study. Photodiagnosis Photodyn Ther.; 2014 ; Vol. 11, No. 2 ; pages 171 - 181
- (86) Muliyar S., Shameem KA., Thankachan RP., Francis PG., Jayapalan CS., Hafiz KA. Microleakage in endodontics. JIOH ; 2014 ; Vol. 6, No. 6 ; pages 99 - 104
- (87) Nikhil V., Bansal P., Sawani S. Effect of technique of sealer agitation on percentage and depth of MTA Fillapex sealer penetration: A comparative in-vitro study ; J Conserv Dent. ; 2015 ; Vol. 18, No. 2 ; pages 119 - 123
- (88) Nikhil V., Singh R. Confocal laser scanning microscopic investigation of ultrasonic, sonic, and rotary sealer placement techniques ; J Conserv Dent ; 2013 ; Vol. 16, No. 4 ; pages 294 - 299
- (89) Nunes VH., Silva RG., Alfredo E., Sousa-Neto MD., Silva-Sousa YT. Adhesion of Epiphany and AH Plus sealers to human root dentin treated with different solutions ; Braz Dent J ; 2008 ; Vol. 19, No. 1 ; pages 46 - 50
- (90) Oliveira AC., Tanomaru JM., Faria-Junior N., Tanomaru-Filho M. Bacterial leakage in root canals filled with conventional and MTA-based sealers ; Int Endod J ; 2011 ; Vol. 44, No. 4 ; pages 370 - 375
- (91) Oliver CM., Abbott PV. Correlation between clinical success and apical dye penetration ; Int Endod J. ; 2001 ; Vol. 34, No. 8, pages 637 - 644
- (92) Ordinola-Zapata R., Bramante CM., Graeff MS., del Carpio Perochena A., Vivan RR., Camargo EJ., Garcia RB., Bernardineli N., Gutmann JL., de Moraes IG. Depth and percentage of penetration of endodontic sealers into dentinal tubules after root canal obturation using a lateral compaction technique: a confocal laser scanning microscopy study ; OOOOE ; 2009 ; Vol. 108, No. 3 ; pages 450 - 457
- (93) Ørstavik D., Nordahl I., Tibballs JE. Dimensional change following setting of root canal sealer materials. Dent Mater. 2001 ; Vol. 17, No. 6 ; pages 512 - 519
- (94) Ozawa T., Taha N., Messer HH. A comparison of techniques for obturating oval-shaped root canals ; Dent Master J ; 2009 ; Vol. 28, No. 3 ; pages 290 - 294
- (95) Ozok AR., van der Sluis LW., Wu MK., Wesselink PR. Sealing ability of a new polydimethylsiloxane-based root canal filling material ; J Endod. ; 2008 ; Vol. 34, No. 2, pages 204 - 207
- (96) Pawar SS., Pujar MA., Makandar SD. Evaluation of the apical sealing ability of bioceramic sealer, AH plus

- & epiphany: An in vitro study ; J Conserv Dent ; 2014 ; Vol. 17, No. 6 ; pages 579 - 582
- (97) Peak JD., Hayes SJ., Bryant ST., Dummer PM. The outcome of root canal treatment. A retrospective study within the armed forces (Royal Air Force) ; Br Dental J ; 2001 ; Vol. 190, No. 3 ; pages 140 - 144
- (98) Pitout E., Oberholzer TG., Blignaut E., Molepo J. Coronal leakage of teeth root-filled with gutta-percha or Resilon root canal filling material ; J Endod ; 2006 ; Vol. 32, No. 9 ; pages 879 - 881
- (99) Pommel L., About I., Pashley D., Camps J. Apical Leakage of Four Endodontic Sealers ; JOE ; 2003 ; Vol.29, No.3 , pages : 208 - 210
- (100) Pommel L., Camps J. Effects of pressure and measurement time on the fluid filtration method in endodontics ; J Endod ; 2001 ; Vol. 27, No. 4 ; pages 256 - 258
- (101) Pommel L., Camps J. In vitro apical leakage of system B compared with other filling techniques ; J Endod ; 2001 ; Vol. 27, No. 7 ; pages 449 - 451
- (102) Pommel L., Pertot W.-J.; Obturation de l'endodonte; in «Endodontie»; Edition CdP, Rueil-Malmaison Cedex; 2012; p. 243-281
- (103) Poptani B., Sharaff M., Archana G., Parekh V. Detection of *Enterococcus faecalis* and *Candida albicans* in previously root-filled teeth in a population of Gujarat with polymerase chain reaction ; Contemp Clin Dent ; 2013 ; Vol. 4, No. 1 ; pages 62 - 66
- (104) Ray HA., Trope M. Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration ; International Endodontic Journal ; 1995 ; Vol. 28, No. 1 ; pages 12 - 18
- (105) Razavian H., Barekatin B., Shadmehr E., Khatami M., Bagheri F., Heidari F. Bacterial leakage in root canals filled with resin-based and mineral trioxide aggregate-based sealers ; Dent Res J (Isfahan) ; 2014 ; Vol. 11, No. 5 ; pages 599 - 603
- (106) Reichl FX., Rothmund L., Shehata M., Högg C. DNA double-strand breaks caused by new and contemporary endodontic sealers ; 2015 ; Int Endod J.
- (107) Reyhani MF., Ghasemi N., Rahimi S., Milani AS., Barhaghi MH., Azadi A. Apical microleakage of AH Plus and MTA Fillapex® sealers in association with immediate and delayed post space preparation: a bacterial leakage study ; Minerva Stomatol ; 2015 ; Vol. 64, No. 3 ; pages 129 - 134
- (108) Roth KA., Friedman S., Lévesque CM., Basrani BR., Finer Y. Microbial biofilm proliferation within sealer-root dentin interfaces is affected by sealer type and aging period ; J Endod ; 2012 ; Vol. 38, No. 9 ; pages 1253 - 1256
- (109) Russell AA., Chandler NP., Hauman C., Siddiqui AY., Tompkins GR. The butterfly effect: an investigation of sectioned roots. J Endod. 2013 ; Vol. 39, No. 2; pages 208 - 210
- (110) Russell AA., Chris He LH., Chandler NP. Investigation of dentin hardness in roots exhibiting the butterfly effect. J Endod. 2014 ; Vol. 40, No. 6 ; pages 842 - 844
- (111) Said HM., Bakar WZ., Farea M., Husein A. The effect of different sealer placement techniques on sealing Ability: An in vitro study ; J Conserv Dent. ; 2012 ; Vol. 15, No. 3, pages 257 - 260
- (112) Saleh IM., Ruyter IE., Haapasalo M., Ørstavik D. Survival of *Enterococcus faecalis* in infected dentinal tubules after root canal filling with different root canal sealers in vitro ; Int Endod J. ; 2004 ; Vol. 37, No. 3, pages 193 - 198
- (113) Salles LP., Gomes-Cornélio AL., Guimarães FC., Herrera BS., Bao SN., Rossa-Junior C., Guerreiro-Tanomaru JM., Tanomaru-Filho M. Mineral trioxide aggregate-based endodontic sealer stimulates hydroxyapatite nucleation in human osteoblast-like cell culture ; J Endod. ; 2012 ; Vol. 38, No. 7 ; pages : 971 - 976
- (114) Schäfer E. Matériaux d'obturation canalair; Revue Mensuelle Suisse d'Odontostomatologie; 2000; Vol. 110; pages: 862 - 869
- (115) Schäfer E., Zandbiglari T. Solubility of root-canal sealers in water and artificial saliva. Int Endod J. ; 2003 ; Vol. 36, No. 10 ; pages 660 - 669
- (116) Sen BH., Piskin B., Demirci T. Observation of bacteria and fungi in infected root canals and dentinal tubules by SEM ; Endod Dent Traumatol. ; 1995 ; Vol. 11, No. 1, pages 6 - 9
- (117) 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 ; Vol.4, No.3, pages 193 - 197
- (118) Shemesh H., Souza EM., Wu MK., Wesselink PR. Glucose reactivity with filling materials as a limitation for using the glucose leakage model ; Int Endod J. ; 2008 ; Vol. 41, No. 10 ; pages 869 - 872
- (119) Shemesh H., Wu MK., Wesselink PR. Leakage along apical root fillings with and without smear layer using two different leakage models: a two-month longitudinal ex vivo study ; Int Endod J. ; 2006 ; Vol. 39, No. 12 ; pages 968 - 976
- (120) Shipper G., Ørstavik D., Teixeira FB., Trope M. An evaluation of microbial leakage in roots filled with a thermoplastic synthetic polymer-based root canal filling material (Resilon) ; J Endod ; 2004 ; Vol. 30, No. 5 ; pages 342 - 347
- (121) Singh CV., Rao SA., Chandrashekar V. An in vitro comparison of penetration depth of two root canal sealers: An SEM study ; J Conserv Dent ; 2012 ; Vol. 15, No. 3 ; pages 261 - 264

- (122) Siqueira JF Jr., Rôças IN., Lopes HP., de Uzeda M. Coronal leakage of two root canal sealers containing calcium hydroxide after exposure to human saliva ; J Endod ; 1999 ; Vol. 25, No. 1 ; pages 14 - 16
- (123) Sönmez IS., Oba AA., Sönmez D., Almaz ME. In vitro evaluation of apical microleakage of a new MTA-based sealer ; Eur Arch Paediatr Dent ; 2012 ; Vol. 13, No. 5 ; pages 252 - 255
- (124) Soo WK., Thong YL., Gutmann JL. A comparison of four gutta-percha filling techniques in simulated C-shaped canals ; Int Endod J. ; 2014
- (125) Souza EM., Pappen FG., Shemesh H., Bonanato-Estrela C., Bonetti-Filho I. Reliability of assessing dye penetration along root canal fillings using methylene blue ; Aust Endod J. ; 2009 ; Vol. 35, No.3 ; pages 158 - 163
- (126) Sritharan A. Discuss that the coronal seal is more important than the apical seal for endodontic success ; Australian Endodontic Journal ; 2002 ; Vol. 28, No. 3 ; pages 112 - 115
- (127) Stevens RW., Strother JM., McClanahan SB. Leakage and sealer penetration in smear-free dentin after a final rinse with 95% ethanol ; J Endod ; 2006 ; Vol. 32, No.8 ; pages 785 - 788
- (128) Susini G., Pommel L., About I., Camps J. Lack of correlation between ex vivo apical dye penetration and presence of apical radiolucencies ; OOOOE ; 2006 ; Vol. 102, No. 3 ; pages 19 - 23
- (129) Suso E. Evaluation de l'étanchéité de deux techniques d'obturation canalair. Thèse Université de Nice. 2016
- (130) Syngcuk K., Heyeraas K.J., Haug S.R. Structure and Function of The Dentin-Pulp Complex. In «Ingle's Endodontics 6». BC Decker Inc, Hamilton 2008. Pages 118 - 150
- (131) Taşdemir T., Er K., Yildirim T., Buruk K., Celik D., Cora S., Tahan E., Tuncel B., Serper A. Comparison of the sealing ability of three filling techniques in canals shaped with two different rotary systems: a bacterial leakage study ; OOOOE ; 2009 ; Vol. 108, No. 3 ; pages 129 - 134
- (132) Viapiana R., Guerreiro-Tanomaru J., Tanomaru-Filho M., Camilleri J. Interface of dentine to root canal sealers ; J Dent ; 2014 ; Vol. 42, No. 3 ; pages 336 - 350
- (133) Viapiana R., Guerreiro-Tanomaru JM., Tanomaru-Filho M., Camilleri J. Investigation of the effect of sealer use on the heat generated at the external root surface during root canal obturation using warm vertical compaction technique with System B heat source. J Endod. ; 2014 ; Vol. 40, No. 4 ; pages 555 - 561
- (134) Veríssimo DM., do Vale MS. Methodologies for assessment of apical and coronal leakage of endodontic filling materials: a critical review ; J Oral Sci ; 2006 ; Vol. 48, No. 3 ; pages 93 - 98
- (135) Veríssimo DM., do Vale MS., Monteiro AJ. Comparison of apical leakage between canals filled with gutta-percha/AH-Plus and the Resilon/Epiphany System, when submitted to two filling techniques ; J Endod. ; 2007 ; Vol. 33, No.3, pages 291 - 294
- (136) Vertucci F.J., Haddix J.E. Tooth Morphology and Access Cavity Preparation. In «Cohen's Pathways of the Pulp». Mosby Elsevier, St. Louis. 2011. Pages 136 - 222
- (137) Vitti RP., Prati C., Silva EJ., Sinhoretta MA., Zanchi CH., de Souza e Silva MG., Ogliaeri FA., Piva E., Gandolfi MG. Physical properties of MTA Fillapex sealer ; JOE ; 2013 ; Vol. 39, No. 7, pages 915 - 918
- (138) Wachlarowicz AJ., Joyce AP., Roberts S., Pashley DH. Effect of endodontic irrigants on the shear bond strength of epiphany sealer to dentin; J Endod. ; 2007; Vol. 33, No. 2; pages 152-155
- (139) Wang F., Wu JM., Xue M. Study on apical sealing ability of iRoot SP root canal sealer ; Shanghai Kou Qiang Yi Xue ; 2013 ; Vol. 22, No. 2 ; pages 156 - 159
- (140) Wang Z., Shen Y., Haapasalo M. Dentin extends the antibacterial effect of endodontic sealers against Enterococcus faecalis biofilms ; J Endod. ; 2014 ; Vol. 40, No. 4, pages 505 - 508
- (141) Wimonchit S., Timpawat S., Vongsavan N. A comparison of techniques for assessment of coronal dye leakage ; J Endod. ; 2002 ; Vol.28, No. 1, pages 1 - 4
- (142) Wu MK., De Gee AJ., Wesselink PR. Leakage of four root canal sealers at different thickness; Int Endod J ; 1994 ; Vol. 27, No. 6 ; pages 304 - 308
- (143) Wu MK., De Gee AJ., Wesselink PR., Moorer WR. Fluid transport and bacterial penetration along root canal fillings ; Int Endod J. ; 1993 ; Vol. 26, No. 4 ; pages 203 - 208
- (144) Wu MK., Kontakiotis EG., Wesselink PR. Decoloration of 1% methylene blue solution in contact with dental filling materials ; J Dent ; 1998 ; Vol. 26, No. 7 ; pages 585 - 589
- (145) Wu MK., Wesselink PR. Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance ; Int Endod J. ; 1993 ; Vol. 26, No. 1 ; pages 37 - 43
- (146) Xu Q., Fan MW., Fan B., Cheung GS., Hu HL. A new quantitative method using glucose for analysis of endodontic leakage ; OOOOE ; 2005 ; Vol. 99, No. 1 ; pages 107 - 111
- (147) Yegin Z., Keser G., Tosun G. Evaluation of A New Root Canal Sealer's Apical Sealing Ability ; (oral session presentation) ; 2012
- (148) Zhang W., Li Z., Peng B. Assessment of a new root canal sealer's apical sealing ability ; OOOOE ; 2009 ; Vol. 107, No. 6 ; pages 79 - 82



## Approbation – Improbation

Les opinions émises par les dissertations présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, sans aucune approbation ou improbation de la Faculté de Chirurgie dentaire (1).

Lu et approuvé,

Vu,  
Nice, le

Le Président du jury,

Le Doyen de la Faculté de  
Chirurgie Dentaire de l'UNS

Professeur

Professeur Armelle MANIERE

(1) Les exemplaires destinés à la bibliothèque doivent être obligatoirement signés par le Doyen et par le Président du Jury.



## *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'Être 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 ser-  
vira 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 connais-  
sances médicales contre les lois de l'Humanité.*

*Respectueux et reconnaissant envers les Maîtres, je rendrai à leurs en-  
fants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.*

*Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses,  
Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque.*



# EVALUATION COMPAREE DE L'ETANCHEITE ET DE L'HERMETICITE CANALAIRES DE DEUX CIMENTS DE SCHELEMENT ENDODONTIQUE

**Thèse :** Chirurgie Dentaire, Nice, année 2016, n° 42-57-16-13

**Directeur de thèse :** M. MEDIONI Etienne (Professeur des Universités)

**Mots-clés :** SmartPaste Bio, ciment endodontique à base de biocéramique, AH Plus, CPoint, SystemB, microscopie confocale, obturation endodontique, étanchéité, pénétration de ciments, vides

## Résumé:

L'étanchéité de l'obturation canalairé représente l'étape ultime du traitement endodontique. Elle réalise une véritable suture de l'endodonte. Elle est donc l'une des clés du succès du traitement endodontique.

Cette thèse présente quelques rappels, une revue de littérature, et une étude, comparant l'herméticité du ciment SmartPaste Bio avec le ciment AH Plus, en utilisant deux techniques d'obturation différentes.

Quarante-quatre dents extraites monoradiculées ont été sélectionnées, sectionnées coronairement, et préparées mécaniquement avec l'instrument unique F360 (Komet) 35/.04. Les ciments ont été mélangés à la RhodamineB, et les obturations réalisées selon quatre groupes de 10 dents: CPoint/AH Plus, CPoint/SmartPaste Bio, SystemB/AH Plus et SystemB/SmartPaste Bio. Quatre dents témoins ont été obturées sans fluorophore. Les dents ont été coupées transversalement à 2, 5 et 9mm de l'apex, et la microscopie confocale a été utilisée pour évaluer les longueurs maximales de pénétration de ciment dans les tubuli dentinaires à chaque niveau, et le pourcentage de vides à 2mm.

Le ciment SmartPaste Bio était plus étanche que AH Plus à 5 et 9mm, mais aucune différence significative n'a été rapportée entre ces ciments à 2mm. La profondeur de pénétration de ciment dans les tubuli était supérieure dans le tiers coronaire par rapport au tiers apical pour les deux ciments, et pour les quatre groupes. Pour la longueur de pénétration de ciment, il n'y avait pas de différence significative entre les groupes à 2mm, le groupe CPoint/SmartPaste Bio était le plus étanche à 5mm, et les groupes CPoint/SmartPaste Bio et SystemB/SmartPaste Bio étaient les plus étanches à 9mm. A 2mm, les groupes SystemB/SmartPaste Bio et SystemB/AH Plus présentaient le moins de vides canalaire.

Dans la limite de cette expérimentation, le ciment testé SmartPasteBio semble présenter une très bonne capacité de scellement canalairé, en étant utilisé à la fois avec le système CPoint et le SystemB. Mais d'autres études sont nécessaires pour confirmer l'efficacité de ce ciment, et comparer ses propriétés physico-chimiques et biologiques.