## UNIVERSITE TOULOUSE III – PAUL SABATIER

## FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE

ANNÉE 2016 2016 TOU3 3086

### **THESE**

## POUR LE DIPLOME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement

Par

## **Camille Chiche**

Le 6 décembre 2016

## PRISE EN CHARGE DE LA FRACTURE CORONAIRE DANS LE SECTEUR ANTÉRIEUR

Directeur de thèse: Docteur Bertrand BONIN

## **JURY**

Président : Professeur Franck DIEMER

1<sup>er</sup> assesseur: Docteur Sabine JONIOT

2ème assesseur: Docteur Marie GURGEL-GEORGELIN

3<sup>ème</sup> assesseur: Docteur Bertrand BONIN



3

## Faculté de Chirurgie Dentaire





## DIRECTION

#### **DOYEN**

Mr Philippe POMAR

#### ASSESSEUR DU DOYEN

Mme Sabine JONIOT

#### CHARGÉS DE MISSION

Mr Karim NASR

Mme Emmanuelle NOIRRIT-ESCLASSAN

### PRÉSIDENTE DU COMITÉ SCIENTIFIQUE

Mme Anne-Marie GRIMOUD

#### RESPONSABLE ADMINISTRATIF

Mme Marie-Christine MORICE

## -

## **HONORARIAT**

### DOYENS HONORAIRES

Mr Jean LAGARRIGUE \*
Mr Jean-Philippe LODTER
Mr Gérard PALOUDIER
Mr Michel SIXOU
Mr Henri SOULET



## ÉMÉRITAT

Mr Damien DURAN Mme Geneviève GRÉGOIRE Mr Gérard PALOUDIER

## **→**

#### PERSONNEL ENSEIGNANT

### 56.1 <u>PÉDODONTIE</u>

Chef de la sous-section : Mme BAILLEUL-FORESTIER

Professeurs d'Université : Mme BAILLEUL-FORESTIER, Mr VAYSSE Maîtres de Conférences : Mme NOIRRIT-ESCLASSAN, Mme VALERA

Assistants: Mme DARIES, Mr MARTY

Adjoints d'Enseignement : Mr DOMINÉ

#### 56.2 ORTHOPÉDIE DENTO-FACIALE

Chef de la sous-section : Mr BARON

Maîtres de Conférences: Mr BARON, Mme LODTER, Mme MARCHAL-SIXOU, Mr ROTENBERG,

Assistants: Mme GABAY-FARUCH, Mme YAN-VERGNES

Assistant Associé: Mr BOYADZHIEV

### 56.3 PRÉVENTION, ÉPIDÉMIOLOGIE, ÉCONOMIE DE LA SANTÉ, ODONTOLOGIE LÉGALE

Chef de la sous-section : Mr HAMEL

Professeurs d'Université : Mme NABET, Mr SIXOU Maîtres de Conférences : Mr HAMEL, Mr VERGNES

Assistant: Mlle BARON

Adjoints d'Enseignement : Mr DURAND, Mr PARAYRE

#### 57.1 PARODONTOLOGIE

Chef de la sous-section : Mr BARTHET

Maîtres de Conférences : Mr BARTHET, Mme DALICIEUX-LAURENCIN

Assistants: Mr RIMBERT, Mr ANDUZE-ACHER

Adjoints d'Enseignement : Mr CALVO, Mr LAFFORGUE, Mr SANCIER, Mr BARRE

# 57.2 CHIRURGIE BUCCALE, PATHOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE, ANESTHÉSIOLOGIE ET RÉANIMATION

Chef de la sous-section : Mr COURTOIS

Maîtres de Conférences : Mr CAMPAN, Mr COURTOIS, Mme COUSTY Assistants : Mme CROS, Mme GAROBY-SALOM

Adjoints d'Enseignement : Mr FAUXPOINT, Mr L'HOMME, Mme LABADIE

## 57.3 <u>SCIENCES BIOLOGIQUES (BIOCHIMIE, IMMUNOLOGIE, HISTOLOGIE, EMBRYOLOGIE.</u>

GÉNÉTIQUE, ANATOMIE PATHOLOGIQUE, BACTÉRIOLOGIE, PHARMACOLOGIE

Chef de la sous-section : Mr POULET
Professeur d'Université : Mr KEMOUN

Maîtres de Conférences : Mme GRIMOUD, Mr POULET, Mr BLASCO-BAQUE Assistants : Mr BARRAGUÉ, Mme DUBOSC, Mr LEMAITRE,

Assistant Associé Mme FURIGA-CHUSSEAU

Adjoints d'Enseignement : Mr SIGNAT,

#### 58.1 ODONTOLOGIE CONSERVATRICE, ENDODONTIE

Chef de la sous-section : Mr DIEMER
Professeur d'Université : Mr DIEMER

Maîtres de Conférences : Mr GUIGNES, Mme GURGEL-GEORGELIN, Mme MARET-COMTESSE

Assistants: Mr BONIN, Mr BUORO, Mme DUEYMES, Mme. RAPP, Mr. MOURLAN, Mme PECQUEUR

Adjoints d'Enseignement : Mr BALGUERIE, Mr ELBEZE, Mr MALLET

# 58.2 <u>PROTHÈSES (PROTHÈSE CONJOINTE, PROTHÈSE ADJOINTE PARTIELLE, PROTHÈSE</u> COMPLÈTE, PROTHÈSE MAXILLO-FACIALE)

Chef de la sous-section : Mr CHAMPION

Professeurs d'Université: Mr ARMAND, Mr POMAR

Maîtres de Conférences : Mr BLANDIN, Mr CHAMPION, Mr ESCLASSAN, Mme VIGARIOS, Mr. DESTRUHAUT Assistants : Mr. CHABRERON, Mr EMONET-DENAND Mr. KNAFO, Mme. SELVA, Mme. ROSCA

Adjoints d'Enseignement: Mr. BOGHANIM, Mr. FLORENTIN, Mr. FOLCH, Mr. GHRENASSIA,

Mme. LACOSTE-FERRE, Mr. POGEANT, Mr. RAYNALDY, Mr. GINESTE

## 58.3 <u>SCIENCES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES, OCCLUSODONTIQUES, BIOMATÉRIAUX,</u>

BIOPHYSIQUE, RADIOLOGIE

Chef de la sous-section : Mme JONIOT

Maîtres de Conférences : Mme JONIOT, Mr NASR

Assistants: Mr. CANCEILL, Mme. GARNIER, Mr. OSTROWSKI

Adjoints d'Enseignement : Mr AHMED, Mme BAYLE-DELANNÉE, Mme MAGNE, Mr VERGÉ

-----

L'université Paul Sabatier déclare n'être pas responsable des opinions émises par les candidats. (Délibération en date du 12 Mai 1891).

Mise à jour au 17 novembre 2016

A ma famille, A mes amis, A Clément.

## A notre Président du jury,

## Monsieur le Professeur Franck DIEMER

- Professeur des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie
- Responsable de la sous-section d'Odontologie Conservatrice, Endodontie
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- D.E.A. de Pédagogie (Education, Formation et Insertion) Toulouse Le Mirail,
- Docteur de l'Université Paul Sabatier,
- Responsable du Diplôme Inter Universitaire d'Endodontie à Toulouse,
- Habilitation à diriger des recherches (H.D.R.),
- Vice- Président de la Société Française d'Endodontie
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier

Nous sommes honorés que vous ayez accepté la présidence de ce jury de thèse.

Nous avons eu le plaisir de profiter de vos compétences et de votre enseignement. Vos connaissances et votre expérience sont source de respect et d'intérêt pour nous.

Veuillez trouver ici le témoignage de notre reconnaissance, de notre profond respect et de notre estime à votre égard.

## Au membre du jury,

## Madame la Docteur Sabine Joniot

- Maître de Conférences des Universités, Praticien hospitalier d'Odontologie,
- Vice Doyen de la Faculté de chirurgie dentaire de Toulouse,
- Responsable de la sous-section « Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques, Biomatériaux, Biophysique, Radiologie »
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Docteur d'Etat en Odontologie,
- Habilitation à diriger des recherches (HDR),
- Lauréate de l'Université Paul Sabatier.

Nous vous sommes reconnaissants d'avoir accepté de siéger dans ce jury de thèse.

Nous avons apprécié votre accompagnement dans notre enseignement et votre gentillesse au cours de nos années d'étude.

Veuillez trouver ici le témoignage de notre respect et notre gratitude.

## Au membre du jury,

## Madame le Docteur Marie Gurgel-Georgelin

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Doctorat d'Université Université d'Auvergne-Clermont I,
- Maîtrise des Sciences Biologiques et Médicales
- D.E.A. MASS Lyon III,
- Ancienne Interne des Hôpitaux,

Nous vous remercions d'avoir accepté de siéger à ce jury de thèse.

Vos connaissances, votre empathie et votre disponibilité sont pour nous source

d'estime et d'intérêt.

Qu'il nous soit permis de vous exprimer nos sincères remerciements et notre profond respect.

## A mon Directeur de thèse,

## Monsieur le Docteur Bertrand Bonin

- Assistant hospitalo-universitaire d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- M1 Biosanté,
- Ancien interne en Médecine Bucco-dentaire,
- DES de Médecine Bucco-dentaire,
- D.U. d'Implantologie,
- D.U. d'Endodontie

Je suis très honorée que vous ayez accepté de diriger cette thèse.

Je vous remercie pour l'implication et la bienveillance dont vous avez fait

preuve dans la direction de ce travail.

Je vous remercie également pour vos précieux conseils, votre disponibilité et le

soutien que vous avez apportés durant ce travail.

Veuillez trouver dans cette thèse le témoignage de ma sympathie et de ma

gratitude.

## TABLE DES MATIÈRES

| Introduction  | 12 |
|---|----|
| I. Généralités sur la traumatologie du secteur antérieur  | 14 |
| 1. Classification   | 14 |
| 1. 1 Fracture amélaire                                    | 14 |
| 1. 2 Fracture amélo-dentinaire sans complication pulpaire | 14 |
| 1. 3 Fracture amélo-dentinaire avec complication pulpaire | 15 |
| 2. Epidémiologie  | 15 |
| 2.1 Incidence   |    |
| 2.2 Prévalence  |    |
| 3. Facteurs de risque                                     |    |
| 3.1 Sexe  |    |
| 3.2 Age   |    |
| 3.3 Anatomie  |    |
| II. Anatomo-histologie des tissus concernés               | 18 |
| 1. L'émail  |    |
| 1.1 Histologie  | 18 |
| 1.2 Variations morphologiques                             | 18 |
| 2. La dentine   | 18 |
| 2.1 Histologie  | 18 |
| 2.2 Variations morphologiques                             |    |
| 2.2.1 Dentine primaire                                    |    |
| 2.2.2 Dentine secondaire                                  |    |
| 2.2.3 Dentine tertiaire                                   | 20 |
| 3. La pulpe   | 20 |
| 3.1 Histologie  | 20 |
| 3.1.1 Description macroscopique                           | 20 |
| 3.1.2 Description microscopique                           |    |
| 3.1.2.1 Pulpe marginale et centrale                       |    |
| 3.1.2.2 Cellules  |    |
| 3.2 Réponse pulpaire à l'agression                        |    |
| 3.2.1 Dentine réactionnelle                               |    |
| 3.2.2 Dentine réparatrice                                 |    |
| 3.2.3 Vieillissement pulpaire                             |    |
| 3.2.3.1 Sclérose dentinaire                               |    |
| III. Protocoles de restaurations et matériaux actuels     | 25 |
| 1. Matériaux actuels                                      |    |
| 1.1 La Biodentine ®                                       |    |
| 1.1.1 Propriétés physiques                                |    |
| 1.1.1.1 Temps de prise                                    |    |
| 1.1.1.2 Manipulation                                      |    |
| 1.1.1.3 pH  | 26 |
| 1.1.2 Propriétés mécaniques                               | 26 |
| 1.1.2.1 Force de compression et de traction               |    |
| 1.1.2.2 Microdureté                                       |    |
| 1.1.2.3 Solubilité  |    |
| 1.1.2.4 Porosité et interface avec la dentine             |    |
| 1.1.2.5 Force de liaison avec d'autres matériaux          |    |
| 1.1.3 Propriétés optiques<br>1.1.3.1 Dyschromie           |    |
| 1.1.3.1 Dyschromie  | 20 |
| 1.1.J.6 NAUTUUALILE                                       |    |

| 1.1.4.1 Biocompatibilité       29         1.1.4.2 Bio-induction       31         1.2 Le MTA       32         1.2.1 Propriétés physiques       34         1.2.1.1 Temps de prise       34         1.2.1.2 Manipulation       34         1.2.1.3 PH       34         1.2.2 Propriétés mécaniques       34         1.2.2.1 Force de compression et de traction       34         1.2.2.2 Microdureté       35         1.2.2.3 Solubilité       35         1.2.2.3 Forces de liaison avec d'autres matériaux       36         1.2.3 Propriétés optiques       37         1.2.3.1 Dyschromie       37         1.2.3.2 Radiopacité       37         1.2.4 Propriétés biologiques       37         1.2.4.1 Biocompatibilité       37         1.2.4.2 Bio-induction       38         1.3 Champs d'application       39         1.3.1 Coiffage indirect       40         1.3.2 Coiffage direct       40         1.3.3 Pulpotomie partielle       42         2. Protocoles de restauration       44         2.1 Reconstitution par méthode indirecte       47         2.2.1 Stratification du composite       52         2.3.3 Facette composite       52   | 1.1.4 Propriétés biologiques                    | 29 |
|--|---|----|
| 1.2 Le MTA.       32         1.2.1 Propriétés physiques       34         1.2.1.1 Temps de prise       34         1.2.1.2 Manipulation       34         1.2.1.3 pH       34         1.2.2 Propriétés mécaniques       34         1.2.2.1 Force de compression et de traction       34         1.2.2.2 Microdureté       35         1.2.2.3 Solubilité       35         1.2.2.3 Porosité et interface avec la dentine       35         1.2.2.5 Porces de liaison avec d'autres matériaux       36         1.2.3 Propriétés potiques       37         1.2.3.1 Dyschromie       37         1.2.3.2 Radiopacité       37         1.2.4 Propriétés biologiques       37         1.2.4.2 Bio-induction       38         1.3 Coiffage direct       40         1.3.2 Coiffage direct       40         1.3.2 Pulpotomie partielle       42         2. Protocoles de restauration       44         2.1 Reconstitution par méthode directe       47         2.2 Reconstitution par méthode directe       58         2.3.1 Facette céramique       59         2.2.2 Stratification du composite       52         2.3 Reconstitution par méthode indirecte       58         2.3.1 Résistance du sy   | 1.1.4.1 Biocompatibilité                        | 29 |
| 1.2.1 Propriétés physiques       34         1.2.1.1 Temps de prise       34         1.2.1.3 pH       34         1.2.2 Propriétés mécaniques       34         1.2.2 Propriétés mécaniques       34         1.2.2.1 Force de compression et de traction       34         1.2.2.2 Microdureté       35         1.2.2.3 Solubilité       35         1.2.2.4 Porosité et interface avec la dentine.       35         1.2.2.5 Forces de liaison avec d'autres matériaux       36         1.2.3 Propriétés optiques.       37         1.2.3.1 Dyschromie       37         1.2.3.2 Radiopacité.       37         1.2.4 Propriétés biologiques       37         1.2.4.1 Biocompatibilité       37         1.2.4.2 Bio-induction       38         1.3 Coiffage indirect       40         1.3.2 Coiffage direct       41         1.3.3 Pulpotomie partielle       42         2. Protocoles de restauration       44         2.1 Reconstitution par méthode directe       47         2.2.1 Stratification du composite       52         2.3 Reconstitution par méthode indirecte       58         2.3.1 Facette céramique       59         2.3.2 Facette composite       62         2.3.3.1 Rési   | 1.1.4.2 Bio-induction                           | 31 |
| 1.2.1 Propriétés physiques       34         1.2.1.1 Temps de prise       34         1.2.1.3 pH       34         1.2.2 Propriétés mécaniques       34         1.2.2 Propriétés mécaniques       34         1.2.2.1 Force de compression et de traction       34         1.2.2.2 Microdureté       35         1.2.2.3 Solubilité       35         1.2.2.4 Porosité et interface avec la dentine.       35         1.2.2.5 Forces de liaison avec d'autres matériaux       36         1.2.3 Propriétés optiques.       37         1.2.3.1 Dyschromie       37         1.2.3.2 Radiopacité.       37         1.2.4 Propriétés biologiques       37         1.2.4.1 Biocompatibilité       37         1.2.4.2 Bio-induction       38         1.3 Champs d'application       39         1.3.1 Coffage indirect       40         1.3.2 Coffage direct       41         1.3.3 Pulpotomie partielle       42         2. Protocoles de restauration       44         2.1 Reconstitution par méthode directe       47         2.2.1 Stratification du composite       52         2.3 Reconstitution par méthode directe       47         2.2.1 Stratification du composite       52         2.3   | 1.2 Le MTA                                      | 32 |
| 12.12 Manipulation       34         12.13 pH       34         1.2.2 Propriétés mécaniques       34         1.2.2.1 Force de compression et de traction       34         1.2.2.2 Microdureté       35         1.2.2.3 Solubilité       35         1.2.2.5 Forces de liaison avec d'autres matériaux       36         1.2.3 Propriétés optiques       37         1.2.3.1 Dyschromie       37         1.2.3.2 Radiopacité       37         1.2.4 Propriétés biologiques       37         1.2.4 Pioriétés biologiques       37         1.2.4 Bio-induction       38         1.3 Coiffage indirect       40         1.3.2 Coiffage direct       40         1.3.2 Coiffage direct       41         1.3.3 Pulpotomie partielle       42         2. Protocoles de restauration       44         2.1 Reconstitution par recollage du fragment       45         2.2 Reconstitution par méthode directe       47         2.1 Stratification du composite       52         2.3 Reconstitution par méthode indirecte       58         2.3.1 Facette céramique       59         2.3.2 Facette composite       62         2.3.3 Couronne céramo-céramique       62         2.3.3.1 Kéistance du sy  |   |    |
| 1.2.13 pH       34         1.2.2 Propriétés mécaniques       34         1.2.2.1 Force de compression et de traction       34         1.2.2.2 Microdureté       35         1.2.2.3 Solubilité       35         1.2.2.4 Porosité et interface avec la dentine       35         1.2.2.5 Forces de liaison avec d'autres matériaux       36         1.2.3 Propriétés optiques       37         1.2.3.1 Dyschromie       37         1.2.3.2 Radiopacité       37         1.2.4 Propriétés biologiques       37         1.2.4.1 Biocompatibilité       37         1.2.4.2 Bio-induction       38         1.3 Champs d'application       39         1.3.1 Coiffage indirect       40         1.3.2 Coiffage direct       41         1.3.3 Pulpotomie partielle       42         2. Protocoles de restauration       44         2.1 Reconstitution par méthode directe       47         2.2.1 Stratification du composite       52         2.3.2 Reconstitution par méthode indirecte       58         2.3.1 Facette céramique       59         2.3.2 Facette composite       62         2.3.3 Couronne céramo-céramique       62         2.3.3.2 Sthétique       64         2.3.3.4 Indice  | 1.2.1.1 Temps de prise                          | 34 |
| 1.2.2 Propriétés mécaniques       34         1.2.2.1 Force de compression et de traction       34         1.2.2.2 Microdureté       35         1.2.2.3 Solubilité       35         1.2.2.4 Porosité et interface avec la dentine       35         1.2.2.5 Forces de liaison avec d'autres matériaux       36         1.2.3 Propriétés optiques       37         1.2.3 Propriétés potiques       37         1.2.3.1 Dyschromie       37         1.2.3.2 Radiopacité       37         1.2.4 Propriétés biologiques       37         1.2.4.2 Bio-induction       38         1.3 Champs d'application       39         1.3.1 Coiffage indirect       40         1.3.2 Coiffage direct       41         1.3.3 Pulpotomie partielle       42         2. Protocoles de restauration       44         2.1 Reconstitution par recollage du fragment       45         2.2 Reconstitution par méthode directe       47         2.2.1 Stratification du composite       52         2.3.2 Facette composite       52         2.3.3 Facette céramique       59         2.3.3 Facette céramique       62         2.3.3. Résistance du système In-Ceram Alumine®       63         2.3.3. Sithétique       64   | 1.2.1.2 Manipulation                            | 34 |
| 1.2.2.1 Force de compression et de traction       34         1.2.2.2 Microdureté       35         1.2.2.3 Solubilité       35         1.2.2.4 Porosité et interface avec la dentine       35         1.2.2.5 Forces de liaison avec d'autres matériaux       36         1.2.3 Propriétés optiques       37         1.2.3.1 Dyschromie       37         1.2.3.2 Radiopacité       37         1.2.4 Propriétés biologiques       37         1.2.4.1 Biocompatibilité       37         1.2.4.2 Bio-induction       38         1.3 Champs d'application       39         1.3.1 Coiffage indirect       40         1.3.2 Coiffage direct       40         1.3.3 Pulpotomie partielle       42         2. Protocoles de restauration       44         2.1 Reconstitution par recollage du fragment       45         2.2 Reconstitution par méthode directe       47         2.2.1 Stratification du composite       52         2.3 Reconstitution par méthode indirecte       58         2.3.1 Facette céramique       59         2.3.2 Facette composite       62         2.3.3.2 Négistance du système In-Ceram Alumine®       63         2.3.3.2 Préparation de la dent       64         2.3.3.5 Préparation de la dent <td>1.2.1.3 pH</td> <td>34</td> | 1.2.1.3 pH                                      | 34 |
| 1.2.2.2 Microdureté       35         1.2.2.3 Solubilité       35         1.2.2.4 Porosité et interface avec la dentine       35         1.2.2.5 Forces de liaison avec d'autres matériaux       36         1.2.3 Propriétés optiques       37         1.2.3.1 Dyschromie       37         1.2.2.2 Radiopacité       37         1.2.4 Propriétés biologiques       37         1.2.4 Propriétés biologiques       37         1.2.4 Pio-induction       38         1.3 Champs d'application       39         1.3.1 Coiffage indirect       40         1.3.2 Coiffage indirect       40         1.3.2 Coiffage direct       41         1.3.3 Pulpotomie partielle       42         2. Protocoles de restauration       44         2.1 Reconstitution par recollage du fragment       45         2.2 Reconstitution par méthode directe       47         2.2.1 Stratification du composite       52         2.3 Reconstitution par méthode indirecte       58         2.3.1 Facette céramique       59         2.3.2 Facette composite       62         2.3.3 Couronne céramo-céramique       62         2.3.3.1 Résistance du système ln-Ceram Alumine®       63         2.3.3.2 Hadjuice de plaque et de saignement                                     | 1.2.2 Propriétés mécaniques                     | 34 |
| 1.2.2.3 Solubilité       35         1.2.2.4 Porosité et interface avec la dentine       35         1.2.2.5 Forces de liaison avec d'autres matériaux       36         1.2.3 Propriétés optiques       37         1.2.3.1 Dyschromie       37         1.2.2.2 Radiopacité       37         1.2.4 Propriétés biologiques       37         1.2.4.1 Biocompatibilité       37         1.2.4.2 Bio-induction       38         1.3 Champs d'application       39         1.3.1 Coiffage indirect       40         1.3.2 Coiffage direct       41         1.3.3 Pulpotomie partielle       42         2. Protocoles de restauration       44         2.1 Reconstitution par recollage du fragment       45         2.2 Reconstitution par méthode directe       47         2.2.1 Stratification du composite       52         2.3 Reconstitution par méthode indirecte       58         2.3.1 Facette céramique       59         2.3.2 Facette composite       62         2.3.3 Couronne céramo-céramique       62         2.3.3.1 Résistance du système In-Ceram Alumine®       63         2.3.2 Facette composite       64         2.3.3.4 Indice de plaque et de saignement       64         2.3.3.6 Préparation de la dent                              | 1.2.2.1 Force de compression et de traction     | 34 |
| 1.2.2.4 Porosité et interface avec la dentine       35         1.2.2.5 Forces de liaison avec d'autres matériaux       36         1.2.3 Propriétés optiques       37         1.2.3.1 Dyschromie       37         1.2.3.2 Radiopacité       37         1.2.4 Propriétés biologiques       37         1.2.4.1 Biocompatibilité       37         1.2.4.2 Bio-induction       38         1.3 Champs d'application       39         1.3.1 Coiffage indirect       40         1.3.2 Coiffage direct       41         1.3.3 Pulpotomie partielle       42         2. Protocoles de restauration       44         2.1 Reconstitution par recollage du fragment       45         2.2 Reconstitution par méthode directe       47         2.1 Stratification du composite       52         2.3 Reconstitution par méthode indirecte       58         2.3.1 Facette céramique       59         2.3.2 Facette composite       62         2.3.3 Couronne céramique       62         2.3.3.1 Résistance du système In-Ceram Alumine®       63         2.3.3.2 Adaptation marginale       63         2.3.3.1 Indice de plaque et de saignement       64         2.3.3.5 L'état de surface       64         2.3.3.7 Scellement                                       |   |    |
| 1.2.2.5 Forces de liaison avec d'autres matériaux       36         1.2.3 Propriétés optiques       37         1.2.3.1 Dyschromie       37         1.2.2.2 Radiopacité       37         1.2.4 Propriétés biologiques       37         1.2.4.2 Bio-induction       38         1.3 Champs d'application       39         1.3.1 Coiffage indirect       40         1.3.2 Coiffage direct       41         1.3.3 Pulpotomie partielle       42         2. Protocoles de restauration       44         2.1 Reconstitution par recollage du fragment       45         2.2 Reconstitution par méthode directe       47         2.2.1 Stratification du composite       52         2.3 Reconstitution par méthode indirecte       58         2.3.1 Facette céramique       59         2.3.2 Facette composite       62         2.3.3.1 Résistance du système In-Ceram Alumine®       63         2.3.3.2 Adaptation marginale       63         2.3.3.3 Esthétique       64         2.3.3.4 Indice de plaque et de saignement       64         2.3.3.7 Scellement       65         Conclusion       66         Table des illustrations       67   |   |    |
| 1.2.3 Propriétés optiques       37         1.2.3.1 Dyschromie       37         1.2.2.2 Radiopacité       37         1.2.4 Propriétés biologiques       37         1.2.4.1 Biocompatibilité       37         1.2.4.2 Bio-induction       38         1.3 Champs d'application       39         1.3.1 Coiffage indirect       40         1.3.2 Coiffage direct       41         1.3.3 Pulpotomie partielle       42         2. Protocoles de restauration       44         2.1 Reconstitution par recollage du fragment       45         2.2 Reconstitution par méthode directe       47         2.1 Stratification du composite       52         2.3 Reconstitution par méthode indirecte       58         2.3.1 Facette céramique       58         2.3.2 Facette composite       62         2.3.3.1 Résistance du système In-Ceram Alumine®       63         2.3.3.2 Adaptation marginale       63         2.3.3.3 Esthétique       64         2.3.3.4 Indice de plaque et de saignement       64         2.3.3.5 L'état de surface       64         2.3.3.7 Scellement       65         Conclusion       66         Conclusion       67  |   |    |
| 1.2.3.1 Dyschromie       37         1.2.3.2 Radiopacité       37         1.2.4 Propriétés biologiques       37         1.2.4.1 Biocompatibilité       37         1.2.4.2 Bio-induction       38         1.3 Champs d'application       39         1.3.1 Coiffage indirect       40         1.3.2 Coiffage direct       41         1.3.3 Pulpotomie partielle       42         2. Protocoles de restauration       44         2.1 Reconstitution par recollage du fragment       45         2.2 Reconstitution par méthode directe       47         2.2.1 Stratification du composite       52         2.3 Reconstitution par méthode indirecte       58         2.3.1 Facette céramique       59         2.3.2 Facette composite       62         2.3.3 Couronne céramo-céramique       62         2.3.3 L'éstat de système In-Ceram Alumine®       63         2.3.3.2 Adaptation marginale       63         2.3.3.5 L'état de surface       64         2.3.3.6 Préparation de la dent       65         2.3.3.7 Scellement       65         Conclusion       66         Table des illustrations       67   |   |    |
| 1.2.3.2 Radiopacité.       37         1.2.4 Propriétés biologiques.       37         1.2.4.1 Biocompatibilité.       37         1.2.4.2 Bio-induction.       38         1.3 Champs d'application.       39         1.3.1 Coiffage indirect.       40         1.3.2 Pulpotomie partielle.       41         1.3.3 Pulpotomie partielle.       42         2. Protocoles de restauration       44         2.1 Reconstitution par recollage du fragment       45         2.2 Reconstitution par méthode directe       47         2.2.1 Stratification du composite       52         2.3 Reconstitution par méthode indirecte       58         2.3.1 Facette céramique       59         2.3.2 Facette composite       62         2.3.3 Couronne céramo-céramique       62         2.3.3.1 Résistance du système In-Ceram Alumine®       63         2.3.3.2 Adaptation marginale       63         2.3.3.3 Esthétique       64         2.3.3.4 Indice de plaque et de saignement       64         2.3.3.5 L'état de surface       64         2.3.3.7 Scellement       65         Conclusion       66         Table des illustrations       67  |   |    |
| 1.2.4 Propriétés biologiques       37         1.2.4.1 Biocompatibilité       37         1.2.4.2 Bio-induction       38         1.3 Champs d'application       39         1.3.1 Coiffage indirect       40         1.3.2 Coiffage direct       41         1.3.3 Pulpotomie partielle       42         2. Protocoles de restauration       44         2.1 Reconstitution par recollage du fragment       45         2.2 Reconstitution par méthode directe       47         2.2.1 Stratification du composite       52         2.3 Reconstitution par méthode indirecte       58         2.3.1 Facette céramique       59         2.3.2 Facette composite       62         2.3.3 Couronne céramo-céramique       62         2.3.3 La Résistance du système In-Ceram Alumine®       63         2.3.3.2 Adaptation marginale       63         2.3.3.3 Esthétique       64         2.3.3.4 Indice de plaque et de saignement       64         2.3.3.5 L'état de surface       64         2.3.3.7 Scellement       65         Conclusion       66         Conclusion       66  |   |    |
| 1.2.4.1 Biocompatibilité       37         1.2.4.2 Bio-induction       38         1.3 Champs d'application       39         1.3.1 Coiffage indirect       40         1.3.2 Coiffage direct       41         1.3.3 Pulpotomie partielle       42         2. Protocoles de restauration       44         2.1 Reconstitution par recollage du fragment       45         2.2 Reconstitution par méthode directe       47         2.2.1 Stratification du composite       52         2.3 Reconstitution par méthode indirecte       58         2.3.1 Facette céramique       59         2.3.2 Facette composite       62         2.3.3 Couronne céramo-céramique       62         2.3.3.1 Résistance du système In-Ceram Alumine®       63         2.3.3.2 Adaptation marginale       63         2.3.3.4 Indice de plaque et de saignement       64         2.3.3.5 L'état de surface       64         2.3.3.6 Préparation de la dent       65         2.3.3.7 Scellement       65         Conclusion       66         Table des illustrations       67  |   |    |
| 1.2.4.2 Bio-induction       38         1.3 Champs d'application       39         1.3.1 Coiffage indirect       40         1.3.2 Coiffage direct       41         1.3.3 Pulpotomie partielle       42         2. Protocoles de restauration       44         2.1 Reconstitution par recollage du fragment       45         2.2 Reconstitution par méthode directe       47         2.2.1 Stratification du composite       52         2.3 Reconstitution par méthode indirecte       58         2.3.1 Facette céramique       59         2.3.2 Facette composite       62         2.3.3 Couronne céramo-céramique       62         2.3.3.1 Résistance du système In-Ceram Alumine®       63         2.3.3.2 Adaptation marginale       63         2.3.3.3 Esthétique       64         2.3.3.4 Indice de plaque et de saignement       64         2.3.3.5 L'état de surface       64         2.3.3.7 Scellement       65         Conclusion       66         Table des illustrations       67  |   |    |
| 1.3 Champs d'application       39         1.3.1 Coiffage indirect       40         1.3.2 Coiffage direct       41         1.3.3 Pulpotomie partielle       42         2. Protocoles de restauration       44         2.1 Reconstitution par recollage du fragment       45         2.2 Reconstitution par méthode directe       47         2.2.1 Stratification du composite       52         2.3 Reconstitution par méthode indirecte       58         2.3.1 Facette céramique       59         2.3.2 Facette composite       62         2.3.3 Couronne céramo-céramique       62         2.3.3.1 Résistance du système In-Ceram Alumine®       63         2.3.3.2 Adaptation marginale       63         2.3.3.3 Esthétique       64         2.3.3.4 Indice de plaque et de saignement       64         2.3.3.5 L'état de surface       64         2.3.3.7 Scellement       65         Conclusion       66         Table des illustrations       67   |   |    |
| 1.3.1 Coiffage indirect       40         1.3.2 Coiffage direct       41         1.3.3 Pulpotomie partielle       42         2. Protocoles de restauration       44         2.1 Reconstitution par recollage du fragment       45         2.2 Reconstitution par méthode directe       47         2.2.1 Stratification du composite       52         2.3 Reconstitution par méthode indirecte       58         2.3.1 Facette céramique       59         2.3.2 Facette composite       62         2.3.3 Couronne céramo-céramique       62         2.3.3.1 Résistance du système In-Ceram Alumine®       63         2.3.3.2 Adaptation marginale       63         2.3.3.3 Esthétique       64         2.3.3.4 Indice de plaque et de saignement       64         2.3.3.5 L'état de surface       64         2.3.3.7 Scellement       65         Conclusion       66         Table des illustrations       67   |   |    |
| 1.3.2 Coiffage direct  |   |    |
| 1.3.3 Pulpotomie partielle       42         2. Protocoles de restauration       44         2.1 Reconstitution par recollage du fragment       45         2.2 Reconstitution par méthode directe       47         2.2.1 Stratification du composite       52         2.3 Reconstitution par méthode indirecte       58         2.3.1 Facette céramique       59         2.3.2 Facette composite       62         2.3.3 Couronne céramo-céramique       62         2.3.3.1 Résistance du système In-Ceram Alumine®       63         2.3.2.2 Adaptation marginale       63         2.3.3.3 Esthétique       64         2.3.3.4 Indice de plaque et de saignement       64         2.3.3.5 L'état de surface       64         2.3.3.6 Préparation de la dent       65         2.3.3.7 Scellement       65         Conclusion       66         Table des illustrations       67   |   |    |
| 2. Protocoles de restauration       44         2.1 Reconstitution par recollage du fragment       45         2.2 Reconstitution par méthode directe       47         2.2.1 Stratification du composite       52         2.3 Reconstitution par méthode indirecte       58         2.3.1 Facette céramique       59         2.3.2 Facette composite       62         2.3.3 Couronne céramo-céramique       62         2.3.3.1 Résistance du système In-Ceram Alumine®       63         2.3.3.2 Adaptation marginale       63         2.3.3.3 Esthétique       64         2.3.3.4 Indice de plaque et de saignement       64         2.3.3.5 L'état de surface       64         2.3.3.6 Préparation de la dent       65         2.3.3.7 Scellement       65         Conclusion       66         Table des illustrations       67   |   |    |
| 2.1 Reconstitution par recollage du fragment       45         2.2 Reconstitution par méthode directe       47         2.2.1 Stratification du composite       52         2.3 Reconstitution par méthode indirecte       58         2.3.1 Facette céramique       59         2.3.2 Facette composite       62         2.3.3 Couronne céramo-céramique       62         2.3.3.1 Résistance du système In-Ceram Alumine®       63         2.3.2 Adaptation marginale       63         2.3.3.2 Sthétique       64         2.3.3.4 Indice de plaque et de saignement       64         2.3.3.5 L'état de surface       64         2.3.3.6 Préparation de la dent       65         2.3.3.7 Scellement       65         Conclusion       66         Table des illustrations       67   |   |    |
| 2.2 Reconstitution par méthode directe       47         2.2.1 Stratification du composite       52         2.3 Reconstitution par méthode indirecte       58         2.3.1 Facette céramique       59         2.3.2 Facette composite       62         2.3.3 Couronne céramo-céramique       62         2.3.3.1 Résistance du système In-Ceram Alumine®       63         2.3.3.2 Adaptation marginale       63         2.3.3.3 Esthétique       64         2.3.3.4 Indice de plaque et de saignement       64         2.3.3.5 L'état de surface       64         2.3.3.6 Préparation de la dent       65         2.3.3.7 Scellement       65         Conclusion       66         Table des illustrations       67  | 2. Protocoles de restauration                   | 44 |
| 2.2.1 Stratification du composite       52         2.3 Reconstitution par méthode indirecte       58         2.3.1 Facette céramique       59         2.3.2 Facette composite       62         2.3.3 Couronne céramo-céramique       62         2.3.3.1 Résistance du système In-Ceram Alumine®       63         2.3.3.2 Adaptation marginale       63         2.3.3.3 Esthétique       64         2.3.3.4 Indice de plaque et de saignement       64         2.3.3.5 L'état de surface       64         2.3.3.7 Scellement       65         Conclusion       66         Table des illustrations       67  | 2.1 Reconstitution par recollage du fragment    | 45 |
| 2.3 Reconstitution par méthode indirecte       58         2.3.1 Facette céramique       59         2.3.2 Facette composite       62         2.3.3 Couronne céramo-céramique       62         2.3.3.1 Résistance du système In-Ceram Alumine®       63         2.3.3.2 Adaptation marginale       63         2.3.3.3 Esthétique       64         2.3.3.4 Indice de plaque et de saignement       64         2.3.3.5 L'état de surface       64         2.3.3.6 Préparation de la dent       65         2.3.3.7 Scellement       65         Conclusion       66         Table des illustrations       67   | 2.2 Reconstitution par méthode directe          | 47 |
| 2.3.1 Facette céramique       59         2.3.2 Facette composite       62         2.3.3 Couronne céramo-céramique       62         2.3.3.1 Résistance du système In-Ceram Alumine®       63         2.3.2 Adaptation marginale       63         2.3.3.3 Esthétique       64         2.3.3.4 Indice de plaque et de saignement       64         2.3.3.5 L'état de surface       64         2.3.3.6 Préparation de la dent       65         2.3.3.7 Scellement       65         Conclusion       66         Table des illustrations       67   | 2.2.1 Stratification du composite               | 52 |
| 2.3.1 Facette céramique       59         2.3.2 Facette composite       62         2.3.3 Couronne céramo-céramique       62         2.3.3.1 Résistance du système In-Ceram Alumine®       63         2.3.2 Adaptation marginale       63         2.3.3.3 Esthétique       64         2.3.3.4 Indice de plaque et de saignement       64         2.3.3.5 L'état de surface       64         2.3.3.6 Préparation de la dent       65         2.3.3.7 Scellement       65         Conclusion       66         Table des illustrations       67   | 2.3 Reconstitution par méthode indirecte        | 58 |
| 2.3.2 Facette composite       62         2.3.3 Couronne céramo-céramique       62         2.3.3.1 Résistance du système In-Ceram Alumine®       63         2.3.3.2 Adaptation marginale       63         2.3.3.3 Esthétique       64         2.3.3.4 Indice de plaque et de saignement       64         2.3.3.5 L'état de surface       64         2.3.3.6 Préparation de la dent       65         2.3.3.7 Scellement       65         Conclusion       66         Table des illustrations       67  |   |    |
| 2.3.3 Couronne céramo-céramique       62         2.3.3.1 Résistance du système In-Ceram Alumine®       63         2.3.3.2 Adaptation marginale       63         2.3.3.3 Esthétique       64         2.3.3.4 Indice de plaque et de saignement       64         2.3.3.5 L'état de surface       64         2.3.3.6 Préparation de la dent       65         2.3.3.7 Scellement       65         Conclusion       66         Table des illustrations       67   |   |    |
| 2.3.3.2 Adaptation marginale       63         2.3.3.3 Esthétique       64         2.3.3.4 Indice de plaque et de saignement       64         2.3.3.5 L'état de surface       64         2.3.3.6 Préparation de la dent       65         2.3.3.7 Scellement       65         Conclusion       66         Table des illustrations       67   |   |    |
| 2.3.3.3 Esthétique       64         2.3.3.4 Indice de plaque et de saignement       64         2.3.3.5 L'état de surface       64         2.3.3.6 Préparation de la dent       65         2.3.3.7 Scellement       65         Conclusion       66         Table des illustrations       67   | 2.3.3.1 Résistance du système In-Ceram Alumine® | 63 |
| 2.3.3.4 Indice de plaque et de saignement       64         2.3.3.5 L'état de surface       64         2.3.3.6 Préparation de la dent       65         2.3.3.7 Scellement       65         Conclusion       66         Table des illustrations       67   |   |    |
| 2.3.3.5 L'état de surface       64         2.3.3.6 Préparation de la dent       65         2.3.3.7 Scellement       65         Conclusion       66         Table des illustrations       67  | 2.3.3.3 Esthétique                              | 64 |
| 2.3.3.6 Préparation de la dent       65         2.3.3.7 Scellement       65         Conclusion       66         Table des illustrations       67   | 2.3.3.4 Indice de plaque et de saignement       | 64 |
| 2.3.3.7 Scellement   |   |    |
| 2.3.3.7 Scellement   | 2.3.3.6 Préparation de la dent                  | 65 |
| Table des illustrations67  |   |    |
| Table des illustrations67  | Conclusion                                      | 66 |
|  |   |    |
|  |   |    |

## Introduction

Les traumatismes bucco-dentaires constituent, avec les infections, les vraies urgences en odontologie. Depuis quelques années, la prévalence de ces lésions et de leurs séquelles rattrape celle des caries, au point de devenir un réel enjeu en santé publique.

Ces traumatismes sont souvent à l'origine d'une perte partielle, plus ou moins importante, des tissus dentaires qu'ils touchent, affectant alors les fonctions sensitives, communicatives et psycho-esthétiques, d'autant plus qu'ils touchent le plus souvent les dents du secteur antérieur.

Ces lésions entraînaient le plus souvent des traitements onéreux pour le patient, très mutilants pour l'organe dentaire (traitement endodontique, couronne unitaire) et avaient souvent des complications multiples (lésions péri-apicales, descellement de la couronne...).

Mais à l'aire de la dentisterie à minima et conservatrice de tels traitements sont de moins en moins envisagés par les praticiens.

Les notions de biomimétisme et de bio-ingénieurie sont donc retrouvées de plus en plus fréquemment dans les publications, en parallèle d'une amélioration des propriétés mécaniques, physiques et esthétiques des biomatériaux.

De plus, les patients ont aujourd'hui des doléances esthétiques de plus en plus importantes, cette importance de l'apparence a, elle aussi, avec ces innovations scientifiques et techniques, entraîné une modification dans l'approche et dans la prise en charge de ces cas cliniques par les praticiens.

En partant de ces principes nous allons dans un premier temps définir et classifier les différents traumatismes auxquels nous allons nous intéresser, puis les tissus dentaires qui sont touchés par ces traumatismes.

Ensuite nous développerons les techniques contemporaines qui permettent de conserver la vitalité d'une dent après un traumatisme dentaire.

Enfin dans une dernière partie nous allons décrire, en suivant la notion de gradient thérapeutique, les différentes techniques qui sont à notre portée pour la reconstitution de la dent, afin d'obtenir un résultat esthétique optimal.

## I. Généralités sur la traumatologie du secteur antérieur

Un traumatisme dentaire est une blessure touchant la dent, et/ou les tissus durs et mous qui soutiennent la dent. Il est généralement soudain, circonstanciel, inattendu et nécessite souvent un traitement d'urgence.

Les traumatismes dentaires peuvent avoir des impacts importants sur l'individu et sur la société, en effet ils engagent majoritairement les incisives maxillaires (centrales surtout, puis latérales) ils peuvent donc entrainer un impact esthétique et psychologique important. (Lam 2016)

Nous allons maintenant définir les différents traumatismes dentaires auxquels nous allons nous intéresser tout au long de cet exposé.

## 1. Classification

## 1. 1 Fracture amélaire

Elle correspond à une fracture avec une perte de substance dentaire confinée à l'émail. C'est le traumatisme le plus fréquent.



Figure 1 : Fracture amélaire

Schéma représentant une perte de substance amélaire Source : Textbook and color atlas of traumatic injuries to the teeth, J.O Adreasen and al. 2007

#### 1. 2 Fracture amélo-dentinaire sans complication pulpaire

C'est une fracture avec une perte de substance dentaire confinée à l'émail et à la dentine, il n'y a pas d'exposition de la pulpe.



Figure 2 : Fracture amélo-dentinaire simple

Schéma repésentant une perte de susbtance dentaire amélo-dentinaire sans exposition pulpaire

Source: Textbook and color atlas of traumatic injuries to the teeth, J.O Adreasen and al. 2007

## 1. 3 Fracture amélo-dentinaire avec complication pulpaire

C'est une fracture avec une perte de substance dentaire qui va impliquer l'émail, la dentine et la pulpe, avec une exposition plus ou moins importante de cette dernière.



Figure 3 : Fracture amélo-dentinaire compliquée

Schéma représentant une perte de substance de dentaire amélo-dentinaire avec exposition pulpaire

Source: Textbook and color atlas of traumatic injuries to the teeth, J.O Adreasen and al. 2007

## 2. Epidémiologie

## 2.1 Incidence

Nous reportons une incidence allant de 1% à 3%, la plus forte correspondant à la tranche d'âge des 11-12 ans.

En effet 1/3 des enfants et ¼ des adolescents et des adultes ont subi au moins un traumatisme dentaire durant leur vie. (Andersson 2013)

#### 2.2 Prévalence

La prévalence des traumatismes dentaires est haute au niveau mondial, en effet nous rapportons que cette dernière serait comprise entre 20% et 30%, la plus faible concernant surtout les dents temporaires et la plus forte les dents permanentes. (Andersson 2013)

Nous observons un plus grand nombre de fracture chez les adultes, et plus de luxations chez les enfants, malgré une prévalence plus importantes des traumatismes chez les enfants. Ce fait peut s'expliquer par le caractère plus spongieux de l'os alvéolaire à cet âge.

Un sondage de grande étendue a été mené aux Etats-Unis et montre que 1 adulte sur 4 a connu un traumatisme au niveau du secteur incisif. (Lm et al. 1996)

Un autre sondage a été réalisé au Canada, sur 2001 adultes âgés de 10 à 50 ans :

- 15,5% d'entre eux rapportent un épisode de traumatisme dentaire
- 26% de ces traumatismes étaient des fractures dentaires
- 2/3 de ces blessures sont survenues avant l'âge de 18 ans (Locker 2007)

Les *circonstances* pendant lesquelles ces traumatismes arrivent sont le plus souvent lors de chutes, durant la pratique de sports de contacts (tels que la boxe ou le rugby), durant des collisions avec des gens ou des objets ou lors d'accidents de la circulation.

Nous notons aussi que les *lieux les plus fréquents où se produisent les traumatismes* sont le lieu de vie, puis l'école. (Rouhani et al. 2015)

### 3. Facteurs de risque

Ces facteurs varient entre les pays, nous avons répertorié les plus significatifs.

#### 3.1 Sexe

Les hommes sont plus sujets aux traumatismes que les femmes. Cela est dû en grande partie à leur pratique des sports de contact et à leur comportement généralement plus violent.

Mais cet écart tend à se réduire avec le temps car les femmes pratiquent de plus en plus de sports de contact. (Lam 2016)

## 3.2 Age

Les jeunes, avec une prédominance pour les tranches d'âge de 0 à 4 ans et de 10 à 14 ans, sont les sujets les plus à risque de se trouver confrontés à un traumatisme. (Lam 2016)

### 3.3 Anatomie

Le critère physique qui entraîne le plus de risque de traumatisme dentaire est un surplomb horizontal supérieur à 3 mm, en effet le risque serait 2,5 fois plus important. (Nguyen et al. 1999)

Nous avons aussi listé d'autres caractéristiques anatomiques qui pouvaient favoriser les traumatismes :

- l'incompétence labiale
- un espace inter-labial important
- la position labiale, qui symbolise la distance entre la lèvre et le bord libre de la couronne de l'incisive centrale La position à risque étant retrouvée lorsque le recouvrement labial est le plus faible, la lèvre ne recouvrant pas du tout, ou une seulement le 1/3 cervical de la couronne.
- une respiration buccale. (Nguyen et al. 1999)
- **❖** La fracture coronaire est le traumatisme le plus fréquent, et la fracture amélaire est le type le plus rencontré.
- ❖ La prévalence des traumatismes est de 20 à 30% au niveau mondial, c'est donc un enjeu majeur en santé publique.

## II. Anatomo-histologie des tissus concernés

## 1. L'émail

## 1.1 Histologie

L'émail est un tissu dur minéralisé qui recouvre et protège le complexe dentino-pulpaire dans sa portion coronaire. Son épaisseur moyenne est de 1,5 mm.

Il est d'origine ectodermique et est synthétisé par des améloblastes. Sa plus petite unité de composition est le monocristal d'hydroxyapatite.

Il est composé à 96% de minéraux, 2% de matrice organique et 2% d'eau.

Nous différencions deux types d'organisation au sein de l'émail :

- l'émail aprismatique : les améloblastes viennent de devenir sécréteurs et sont dépourvus de prolongements de Tomes
- l'émail prismatique : structure composite qui apparaît en présence de prolongements de Tomes (Goldberg 2008a)

## 1.2 Variations morphologiques

L'émail subit plusieurs transformations au cours de son vieillissement :

- usure de la surface
- coloration
- diminution de sa perméabilité
- augmentation de la concentration en fluorures à sa surface (Piette and Goldberg 2001)

### 2. La dentine

#### 2.1 Histologie

La dentine est un tissu minéralisé, non vascularisé et perméable. En effet, il est traversé par des canalicules dentinaires (ou tubuli), de la jonction amélo-dentinaire à la pulpe pour la portion coronaire, et de la jonction cémento-dentinaire à la pulpe dans la portion radiculaire. Ces canalicules contiennent le fluide dentinaire et le prolongement des odontoblastes.

Ce tissu est constitué à 70% d'une phase minérale, 20% d'une matrice organique (elle-même composée de 90% de collagène et de 10% de protéines non-collagéniques) et de 10% d'eau.

On y retrouve plusieurs types de dentine :

La *prédentine*, qui représente la phase non minéralisée à l'origine de la matrice dentinaire et qui est située à la limite entre la pulpe et la dentine. Sa composition est quasiment identique à celle de la dentine. (Goldberg 2008b)

Le *manteau dentinaire* ou *mantle-dentine* qui correspond à la première dentine déposée, elle contient peu de canalicules car les odontoblastes ne sont pas totalement différenciés et n'ont donc pas de prolongements cellulaires.

La dentine circumpulpaire qui est plus régulière et plus minéralisée, elle est composée de :

- dentine intercanaliculaire : qui transforme la prédentine en dentine
- dentine péricanaliculaire : son apparition est tardive et son apposition réduit la lumière des canalicules.

Au niveau radiculaire la mantle-dentine se prolonge par la *couche hyaline de HOPEWELL et SMITH* et par la *couche granuleuse de Tomes. (Goldberg 2008b)* 

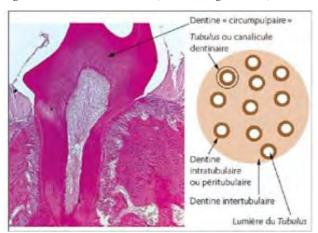


Figure 4 : Dentine circumpulpaire Schéma représentant la dentine circumpulpaire Source : Endodontie, S. SIMON et al. 2015

#### 2.2 Variations morphologiques

### 2.2.1 Dentine primaire

Elle correspond à la dentine apposée jusqu'à la mise en fonction de la dent, c'est elle qui va donner la forme générale de la couronne et de la racine.

Elle est composée de mantle-dentine et de dentine circumpulpaire.

### 2.2.2 Dentine secondaire

C'est la dentine qui va être sécrétée après que l'édification radiculaire soit terminée et que la dent soit mise en fonction.

Son apposition est physiologique, tout au long de la vie, elle est responsable de la diminution du volume pulpaire et canalaire au cours du vieillissement.

La ligne de démarcation entre la dentine primaire et secondaire est visible car les tubuli sont moins nombreux et ils changent d'orientation, ils sont plus sinueux.



Figure 5: Dentine primaire et secondaire

Schéma représentant l'apposition de dentine primaire et secondaire Source : Endodontie, S. SIMON et al. 2015

#### 2.2.3 Dentine tertiaire

Cette dernière est sécrétée en réponse à une agression externe (traumatisme, carie). Son architecture est anarchique et les tubuli sont nombreux et irréguliers.

En fonction de l'agression subie, deux types de dentines peuvent être sécrétées, la dentine réactionnelle et la dentine réparatrice. Nous reviendrons sur leur description ultérieurement.

## 3. La pulpe

#### 3.1 Histologie

## 3.1.1 Description macroscopique

La pulpe est une masse conjonctivo-vasculaire, elle est située au centre de la dent. C'est l'organe qui est à l'origine de la formation de la dentine. Sa forme est une réduction de la forme de la dent.

Elle assure plusieurs fonctions:

- *nutritives*: avec la vascularisation

- réparatrices : elle induit la formation de dentine réparatrice ou réactionnelle

- *neurosensorielles* : son innervation permet de délivrer une sensation douloureuse pour tous les types d'agressions (physique, chimique ou mécanique).

## 3.1.2 Description microscopique

## 3.1.2.1 Pulpe marginale et centrale

La *pulpe marginale* est constituée des éléments limitrophes à la dentine, on les classe ainsi, de l'extérieur à l'intérieur :

- la ligne des barres terminales qui correspond à l'alignement des jonctions intercellulaires entre les corps des odontoblastes
- la zone pauvre de Weill qui est pauvre en cellules mais riche en fibres de collagène, vaisseaux et fibres nerveuses
- la zone riche de Schour qui contient des fibroblastes, fibrocytes, lymphocytes et des cellules indifférenciées.

La *pulpe centrale* est une masse de tissu conjonctif, c'est elle qui occupe le reste du volume pulpaire.

#### 3.1.2.2 Cellules

La population cellulaire intra-pulpaire est la suivante :

- *les odontoblastes* sont à l'origine des processus de sécrétion et de minéralisation, leur activité est forte lors de la dentinogénèse primaire.

Ils sont reliés entre eux par des jonctions cellulaires, ce qui permet d'organiser ces cellules en barrière perméable. (Farges et al. 2009)

- *les fibroblastes pulpaires* synthétisent la matrice extra-cellulaire et ils assurent sa formation et son renouvellement.

La viscosité de la matrice extra-cellulaire varie avec le temps, ce qui permet à la pulpe une certaine adaptabilité à des phénomènes inflammatoires.

- *les cellules immunitaires* telles que les mastocytes et les macrophages sont présentes dans la pulpe saine, ils participent à la surveillance immunitaire de la pulpe. En cas de réaction inflammatoire ils assurent la phagocytose et la présentation d'antigènes.
- des cellules indifférenciées, des cellules souches mésenchymateuses, ou cellules progénitrices, sont présentes. Elles représentent un intérêt croissant pour la communauté scientifique mais leur utilisation chez l'adulte n'est pas encore d'actualité.(Simon and Pertot 2015)

## 3.2 Réponse pulpaire à l'agression

La réponse de la pulpe sera différente en fonction de la nature de l'agression.

### 3.2.1 Dentine réactionnelle

Elle correspond à la dentine sécrétée en réponse à une agression modérée, qui n'entraîne pas la destruction des odontoblastes. Elle est formée par les odontoblastes de première génération, qui se sont différenciés lors du développement embryonnaire, à un rythme très rapide. C'est un tissu plus ou moins minéralisé, qui est apposé aux dépens de la lumière des tubuli dentinaires.

#### Elle se subdivise en:

- *dentine réactionnelle sclérotique* qui est un tissu hyperminéralisé, d'aspect translucide, qui bouche les tubuli dentinaires.
- Dentine réactionnelle péritubulaire où on peut observer une augmentation de la synthèse de collagène de type I. (Goldberg 2008b)

## 3.2.2 Dentine réparatrice

Dentine sécrétée en réponse à une agression forte, qui peut compromettre la survie des odontoblastes. Ce tissu, sécrété par des néo-odontoblastes, est moins minéralisé que la dentine, il est pauvre en cellules et ne présente pas de tubuli dentinaire.

Des cellules provenant de la région sous-odontoblastique migrent et se différencient morphologiquement et fonctionnellement :

- morphologiquement : les cellules présentent plusieurs prolongements cellulaires
- *fonctionnellement*: on observe une élaboration de collagène de type II et IX, puis ce tissu s'enrichit en fibronectine, en collagène de type I et II et se minéralise, on obtient ainsi de la fibrodentine. (Goldberg 2008b)

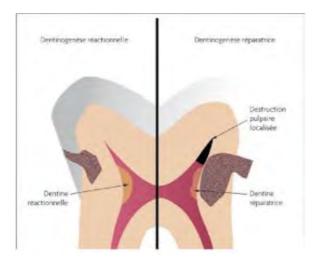


Figure 6 : Dentine réactionnelle et réparatrice

Schéma représentant les différences entre dentine réactionnelle et réparatrice Source : Endodontie, S. SIMON et al. 2015

## 3.2.3 Vieillissement pulpaire

#### 3.2.3.1 Sclérose dentinaire

Les odontoblastes assurent leur fonction de synthèse de dentine secondaire tout au long de la vie, en effet la dentinogénèse est un phénomène continu. Cette apposition continue de dentine secondaire va donc aboutir à une diminution progressive du volume pulpaire.

Nous observons une diminution du nombre d'odontoblastes dans les canalicules, morts par apoptose, ainsi les canalicules déshabités vont s'oblitérer et se minéraliser : on parle de sclérose dentinaire. (Goldberg 2008b)

## 3.2.3.2 Sénescence pulpaire

Lors de ce phénomène nous observons une diminution des capacités de défense de la pulpe, ainsi que :

- une réduction du volume pulpaire
- une diminution du nombre et de l'activité des odontoblastes
- une baisse de la vascularisation et des échanges
- une dégénérescence fibreuse et une augmentation de la minéralisation intra-pulpaire.

Nous pouvons remarquer une similitude entre ce phénomène et la réponse de la pulpe à une agression. Une agression entraîne une réaction inflammatoire de la pulpe, qui va induire un vieillissement prématuré et une diminution de ses capacités de défense ultérieures. En effet une pulpe sénescente présentera des calcifications, des réactions douloureuses faibles, voire inexistantes, et saura donc moins bien se défendre face à des agressions ultérieures. (Kaqueler and Le may 1998)

- **❖** La pulpe vitale, avec son innervation, permet d'envoyer un signal d'alarme en cas d'agression.
- La dentine réactionnelle est produite par des odontoblastes de première génération, alors que la dentine réparatrice est formée par des néo-odontoblastes.
- ❖ La sénescence pulpaire permet de mieux comprendre la diminution des capacités pulpaires avec l'âge, et lors d'agressions ultérieures.

## III. Protocoles de restaurations et matériaux actuels

## 1. Matériaux actuels

## 1.1 La Biodentine ®

La Biodentine ® est un substitut dentinaire commercialisé par la société Septodont (Saint-Maur-Des-Fossés, France) depuis 2009.



Figure 7: Biodentine®

Source: Brochure Biodentine®, septodont.fr

Le matériau se présente sous la forme d'une capsule remplie de poudre et d'une ampoule contenant le liquide.

Afin de mettre en forme le matériau, le praticien devra incorporer 5 gouttes de liquide dans la capsule, puis passer la capsule 30 secondes au vibreur. Le matériau pourra ensuite être manipulé avec une spatule à bouche ou un porte-amalgame, il aura une consistance proche de celle des ciments à base de phosphate.

### La poudre est composée de :

- silicate tricalcique et dicalcique, qui sont les composants majeurs
- carbonate de calcium
- oxyde de fer, qui joue un rôle dans la teinte
- oxyde de zirconium, qui joue le rôle de radiopacifiant

### Le liquide est composé de :

- chlorure de calcium, qui joue le rôle d'accélérateur de prise
- polymère hydrosoluble qui joue le rôle d'agent déshydratant. (Malkondu, Kazandağ, and Kazazoğlu 2014)

## 1.1.1 Propriétés physiques

## 1.1.1.1 Temps de prise

Le temps de prise de la Biodentine® est un de ses avantages majeurs, étant compris entre 9 et 12 minutes il est rapide. Cela pourrait s'expliquer par l'augmentation de la taille des particules par ajout de chlorure et calcium dans le liquide et par la diminution du ratio poudre/liquide.

Cependant certaines études rapportent un temps de prise de 45 minutes. Ce dernier étant considéré comme le temps nécessaire à la prise complète du matériau, le temps de prise initial étant 9-12 minutes comme dit précédemment. (Grech, Mallia, and Camilleri 2013a)

#### 1.1.1.2 Manipulation

La mise en place du matériau doit se faire sur une surface sèche mais non desséchée, en effet un environnement totalement sec pourrait entraîner la formation de lacunes au niveau de l'interface biomatériau/dentine, ce qui permettrait le passage de bactéries. Une certaine humidité est donc requise.

Inversement, un milieu trop humide va augmenter la porosité du matériau et diminuer ses propriétés de résistance mécanique. (Malkondu, Kazandağ, and Kazazoğlu 2014)

## 1.1.1.3 pH

La Biodentine® est un ciment alcalin.

Dans une eau déminéralisée son pH va varier de 8,88 à 8,02 respectivement à 1 jour et 7 jours. (Rajasekharan et al. 2014)

Dans une solution de Hank son pH va varier de 11,7 à 12,3 entre 1 et 28 jours. (Grech, Mallia, and Camilleri 2013b)

### 1.1.2 Propriétés mécaniques

#### 1.1.2.1 Force de compression et de traction

La résistance aux forces de compression est de :

- 57 MPa à 24h
- 72 MPa à 28 jours

Cette forte résistance est attribuée au bas ratio eau/ciment qui est rendu possible par la présence d'un polymère hydrosoluble dans le liquide. (Rajasekharan et al. 2014)

La résistance aux forces de traction est de :

- 7,23 MPa lorsque le matériau est immergé dans une solution d'hypochlorite de sodium à 3,5%
- 7,13 MPa lorsque le matériau est immergé dans une solution de chlorhexidine à 2%
- 7,22 MPa si le matériau est immergé dans une solution saline. (Rajasekharan et al. 2014)

Cette force de désinsertion est modifiée si la boue dentinaire est conservée (8,71 MPa contre 7,71 si la boue dentinaire est nettoyée). Cela peut s'expliquer par les particules de la Biodentine® qui vont interagir avec la couche de boue dentinaire. (Rajasekharan et al. 2014)

#### 1.1.2.2 Microdureté

La dureté de Vickers peut être définie comme « la résistance qu'oppose une surface de l'échantillon à la pénétration d'un poinçon, par exemple une pyramide en diamant ».

Concernant la Biodentine®, la microdureté est estimée à 60 HV.(Rajasekharan et al. 2014)

#### 1.1.2.3 Solubilité

La solubilité dans l'eau est inférieure à 3% durant les premières 24 heures, puis à 28 jours elle a une valeur égale à 4,6%.

Dans une solution tampon contenant du phosphate la solubilité est diminuée : 3,4% à 24 heures puis -0,05% à 28 jours.

Une faible solubilité est un facteur requis pour un matériau de restauration car elle permet d'éviter une infiltration de fluides de la cavité orale.

D'autres études ont montré que les ciments à base de silicate de calcium ont la capacité d'induire la formation de cristaux d'hydroxyapatite lors du contact avec des fluides tissulaires contenant du phosphate. Mais des études supplémentaires sont nécessaires pour connaître le rôle exact de ces cristaux dans la solubilité du matériau.(Kaup, Schäfer, and Dammaschke 2015)

## 1.1.2.4 Porosité et interface avec la dentine

La porosité de la Biodentine® est évaluée à 7,09%.

L'adhésion de la Biodentine® au tissu dentinaire est de 8,75 MPa.

Des études indiquent la formation de « tags » ou pénétrations tubulaires, le long de la couche d'interface entre le ciment et la dentine, cette couche étant appelée la zone d'infiltration minérale. L'apparition de cette zone d'infiltration minérale pourrait être due à la libération

d'hydroxyde de calcium associée au mordançage alcalin que provoque la réaction de prise de la Biodentine®.

La formation de cette couche est confirmée par des images de microscope électronique à balayage (MEB) qui montrent une bande de dentine modifiée structurellement juste en dessous de la surface de la Biodentine®.

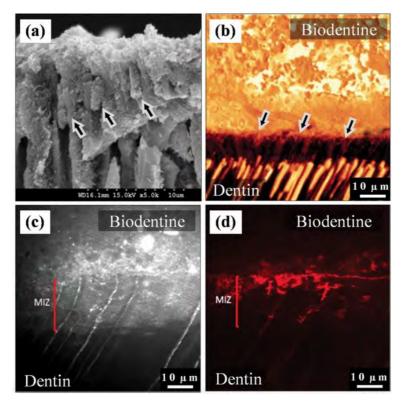


Figure 8 : Zone d'infiltration minérale

- (a) Image du MEB de l'interface après fracture de la dentine sous la Biodentine. (Les pénétrations tubulaires sont matérialisées par les flèches).
- (b) Imagerie à la fluorescéine après dessiccation de la dentine montrant les « tags » de Biodentine®.
- (c) La zone d'infiltration minérale apparaît hautement réfléchissante, ce qui laisse penser que la Biodentine® modifie la structure de la dentine à son contact (changement dans la teneur en minéraux)
  - (d) De la Rhodamine B a été injectée dans la pulpe et a diffusé à travers les canalicules jusqu'à l'interface.

Source: Dentin-cement Interfacial Interaction, Atmeh et al. 2012

Dans cette zone, l'effet caustique des produits d'hydratation de la Biodentine® dégrade la composante collagénique de la dentine interfaciale. Cette dégradation entraîne la formation d'une structure poreuse qui facilite la pénétration d'ions Ca2+, OH- et CO32-, conduisant à une augmentation de la minéralisation dans cette région. Cet échange ionique serait favorable à la formation de cristaux d'hydroxyapatite.(Atmeh et al. 2012)

#### 1.1.2.5 Force de liaison avec d'autres matériaux

La Biodentine® est utilisée comme un substitut dentinaire, la force de liaison entre le matériau de restauration définitive et la Biodentine® est donc une caractéristique majeure pour la qualité de la restauration.

L'adhésion optimale est obtenue avec un système adhésif auto-mordançant en deux temps (19,559 MPa à 24h).

Les auteurs ont suggéré que pour une technique « sandwich », (la Biodentine® étant utilisée en fond de cavité dans ce cas) il fallait attendre deux semaines pour réaliser la restauration définitive car la Biodentine® va subir une maturation adéquate afin de résister aux forces de contraction du composite. (Odabaş, Bani, and Tirali 2013)

## 1.1.3 Propriétés optiques

#### 1.1.3.1 Dyschromie

Des études in-vitro ont démontré la stabilité de la teinte de la dent obturée avec de la Biodentine® au fil du temps.

La teneur en oxygène et l'irradiation de la lumière n'ont pas d'impact sur la colorimétrie des échantillons, prouvant que la Biodentine® peut être mise en place sous des matériaux de restauration photopolymérisables en secteurs esthétiques.

## 1.1.3.2 Radiopacité

La radiopacité de la Biodentine®, en immersion dans une solution de Hank est de :

- 4,1 par mm d'Aluminium à 1 jour
- 3,3 par mm d'Aluminium à 28 jours. (Rajasekharan et al. 2014)

L'oxyde de zirconium est biocompatibe, bioinerte, il a des bonnes propriétés mécaniques et il résiste à la corrosion. (Malkondu, Kazandağ, and Kazazoğlu 2014)

#### 1.1.4 Propriétés biologiques

### 1.1.4.1 Biocompatibilité

La biocompatibilité d'un matériau est une caractéristique majeure, surtout lorsqu'il est utilisé en coiffage pulpaire. Effectivement le matériau sera en contact direct ou indirect avec le tissu pulpaire et aura le potentiel d'affecter la viabilité de ses cellules.

Il est donc essentiel que les composants toxiques soient retirés et que les matériaux favorisants la réparation ou la régénération soient biologiquement neutres. (Malkondu, Kazandağ, and Kazazoğlu 2014)

Dans une étude in vitro, des fibroblastes humains ont été mis en culture au contact de la Biodentine®. Ils montrent une bonne viabilité à différentes concentrations du matériau. (Zhou et al. 2013)

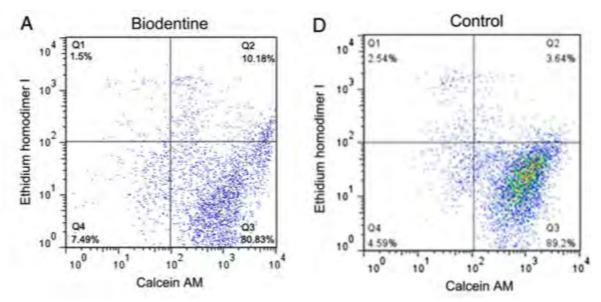


Figure 9 : Viabilité cellulaire au contact de la Biodentine®

Le dot plots représente la distribution des cellules viables (en bas à droite), non colorées (en bas à gauche), en apoptose précoce (en haut à droite) et des cellules mortes (en haut à gauche), A, la Biodentine et B le groupe contrôle.

Source: In Vitro Cytotoxicity Evaluation of a Novel Root Repair Material, Zhou et al. 2013

Après la prise complète, le matériau relargue :

- de l'arsenic
- du plomb
- du chrome.

L'arsenic peut être considéré comme cancérigène, il induirait une altération de l'ADN et empêcherait la réparation de ce dernier.

La norme ISO 9917-1 autorise une quantité maximale d'arsenic de 2 mg kg-1. Les taux retrouvés sont légèrement supérieurs à cette norme. Mais il n'est retrouvé qu'à l'état de traces après la prise du matériau, ce n'est pas un constituant.

Aucune étude n'a à ce jour été menée pour analyser l'éventuelle toxicité de l'arsenic relargué après la mise en place de Biodentine®. (Camilleri et al. 2012)

Hormis l'arsenic, les autres taux des produits relargués sont inférieurs aux normes ISO.

Un étude in vitro a permis d'étudier le pouvoir antibactérien de la Biodentine®. En effet à l'issue de cette étude nous pouvons voir que la Biodentine® a une activité antibactérienne très importante sur Streptococcus Mutans et Salivarius, et une activité moindre sur Streptococcus

Sanguis. (Poggio et al. 2015)

#### 1.1.4.2 Bio-induction

Le pouvoir bio-inducteur de la Biodentine® peut dans un premier temps être matérialisé par *l'action de cette dernière sur des cellules de la cavité orale*.

Nous pouvons observer une augmentation de la densité d'ostéoblastes au contact du matériau, contrastant largement avec la réaction cellulaire au contact d'une résine composite : nous observons dans ce cas là une décomposition structurale et une perte cellulaire, comme nous pouvons le constater sur les images ci-dessous.(Jung et al. 2014)

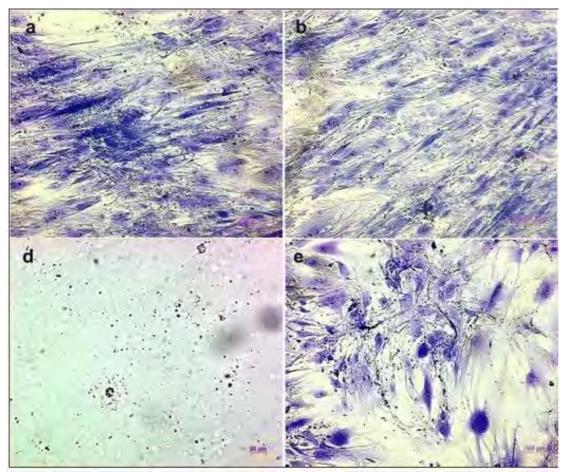


Figure 10 : Comportement d'ostéoblastes au contact de dfférents biomatériaux Images montrant des ostéoblastes mis en contact avec différents matériaux. (a) MTA, (b) Biodentine®, (d) résine composite, (e) groupe contrôle.

Source : Human oral cells response to different endodontic restorative materials : an in vitro study, Jung et al. 2014

Une étude in vitro a montré que des fibroblastes pulpaires, mis en contact avec de la Biodentine®, continuaient à sécréter du collagène de type I et une sialoprotéine dentinaire. On observe aussi la formation de nodules minéraux.(Laurent et al. 2008)

La mise en place de Biodentine® va entraîner la *formation de cristaux d'hydroxy-apatite*, qui vont se former au contact de la pulpe.

Cette apatite va ensuite être progressivement colonisée par des cellules pulpaires qui vont permettre la fabrication, dans un deuxième temps, d'un pont dentinaire.

La création de cette couche d'apatite peut donc être considérée comme la « trame » nécessaire à la mise en place de ce pont dentinaire. (Gandolfi et al. 2013)

La Biodentine® induit donc *la formation d'un « pont » dentinaire*. Nous pouvons le décrire comme un pont de tissu dur composé d'ostéodentine ou d'ostéodentine suivie d'une zone continue ou discontinue de dentine réparatrice.

Après que la pulpe ait été au contact de la Biodentine® pendant 8 semaines nous pouvons observer une épaisseur maximale de 345 µm de ce tissu minéralisé, ainsi qu'une épaisseur maximale de 60 µm de dentine réparatrice.

Lors de la formation de ce pont dentinaire, les cellules produisant la dentine réparatrice (des néo-odontoblastes) s'allongent et se polarisent : le rapport cytoplasme/noyau est ainsi augmenté et une matrice minéralisée est produite, sur le même modèle que la prédentine.(Tziafa et al. 2014)

Pour une étude in vivo, des dents de sagesse saines, dont la pulpe a été exposée mécaniquement préalablement, ont été avulsées pour des raisons orthodontiques. Avant l'avulsion, un coiffage pulpaire a été réalisé avec de la Biodentine®, du MTA ou un Single Bond, puis une analyse au microscope optique et au CBCT a été réalisée. Nous observons ainsi que le groupe traité avec de la Biodentine® possède la moyenne la plus élevée de ponts dentinaires, et ces derniers ont aussi les volumes les plus importants. (Nowicka et al. 2015)

#### 1.2 Le MTA

Le MTA a été développé par l'équipe du Dr Torabinejad en 1993 à l'université de Loma Linda en Californie. Utilisé à l'origine uniquement pour des obturations à rétro, des études ultérieures ont élargi son champ d'application.

C'est un dérivé du ciment de Portland.

Il est commercialisé sous différentes formes : ProRoot MTA par Densply-Maillefer, MM-MTA par Micro-méga, et une société brésilienne a mis au point le MTA Angelus.



Figure 11 : MTA

Source: Brochure Dentsply (a), Micro-méga (b) et Dental DCP (c)

## Le MTA est composé de :

- silicate tricalcique
- silicate dicalcique
- aluminate tricalcique
- aluminoferrite tetracalcique
- oxyde de bismuth qui joue le rôle de radiopacifiant
- gypse qui est un accélérateur de prise

Il se présente sous la forme de sachets de poudre pré-dosés à mélanger avec de l'eau distillée (Dentsply ou Dental DCP) ou sous la forme d'une capsule à faire vibrer (Micro-méga).

Lors du mélange de la poudre de MTA avec l'eau, la réaction de prise est une hydratation des particules hydrophiles qui va entraîner la formation d'un gel de silicate.(Camilleri and Pitt Ford 2006)

Ce gel colloïdal va se solidifier en une structure dure en 2h45.(Parirokh and Torabinejad 2010)

## 1.2.1 Propriétés physiques

### 1.2.1.1 Temps de prise

Le temps de prise du MTA est l'un de ses plus grands inconvénients, il est de 2h45. (Parirokh and Torabinejad 2010)

Des études ont été menées pour essayer d'améliorer ce temps de prise, l'une d'elles a démontré que l'addition de chlorure de calcium et de methylcellulose diminuait le temps de prise à 57 minutes.(Ber, Hatton, and Stewart 2007)

### 1.2.1.2 Manipulation

La manipulation du MTA est rendue difficile du fait de sa consistance granuleuse. Son compactage est aussi malaisé. (Butt et al. 2014)

#### 1.2.1.3 pH

Immédiatement après mélange, le pH du MTA est de 10,2. Sa valeur augmente jusqu'à 12,5 à 3h et va être stable sur le long terme.

Lors de sa réaction de prise, le MTA va relarguer de l'hydroxyde de calcium, ainsi les valeurs élevées du pH sont attribuées par certains auteurs à cette formation d'hydroxyde de calcium.(Parirokh and Torabinejad 2010)

### 1.2.2 Propriétés mécaniques

#### 1.2.2.1 Force de compression et de traction

La résistance aux forces de compression est de :

- 14,3 MPa à 24h
- 43,4 MPa à 21 jours. (Tanomaru-Filho et al. 2012)

La résistance aux forces de traction en milieu humide est de :

- 3,6 MPa à 1 jour
- 10,4 à 28 jours

En milieu sec elle est de :

- 2,8 MPa à 1 jour
- 4,9 MPa à 21 jours. (Gancedo-Caravia and Garcia-Barbero 2006)

La mise en place du MTA doit donc se faire dans un milieu relativement humide afin d'augmenter sa force de désinsertion.

#### 1.2.2.2 Microdureté

La dureté du MTA est d'environ 60 HV à 28 jours. (Nekoofar, Aseeley, and Dummer 2010)

#### 1.2.2.3 Solubilité

Le mélange MTA-eau distillée se fait selon un rapport de 3:1, ce qui correspond, si on utilise 1g de poudre, à l'utilisation de 0,33g d'eau.(Camilleri and Pitt Ford 2006)

La solubilité est directement influencée par ce rapport, néanmoins elle est considérée comme nulle ou quasi-nulle selon la plupart des études.(Parirokh and Torabinejad 2010)

#### 1.2.2.4 Porosité et interface avec la dentine

Le degré de porosité du MTA est évalué à 6,65%. (De Souza et al. 2013)

Le MTA se lie chimiquement à la dentine par une réaction de diffusion contrôlée entre sa surface apatitique et la dentine. Cette réaction entraîne la formation d'une couche interfaciale adhérente à la dentine.

Lors de son hydratation, le MTA produit un gel colloïdal de silicate. Une étude in vitro a voulu étudier les effets de différents matériaux sur la force de liaison antre le MTA et la dentine. Ils ont donc observé :

- lors d'une immersion dans une solution d'hypochlorite de sodium à 5,25%, pas de différence significative avec le groupe contrôle pour la force de liaison entre le MTA et la dentine
- lors d'une immersion dans de la chlorhexidine à 2%, pas de diminution significative de la force de liaison
- lors d'une immersion dans un gel hydrosoluble contenant 15% d'EDTA (Glyde File Prep), il y a une diminution significative de la force de liaison. (Yan et al. 2006)

Lors de cette étude, une observation au microscope électronique à balayage a été effectuée afin d'analyser l'effet des ces différents matériaux sur la microstructure de la surface de la couche d'interface. Les images du MEB sont décrites ci-dessous.

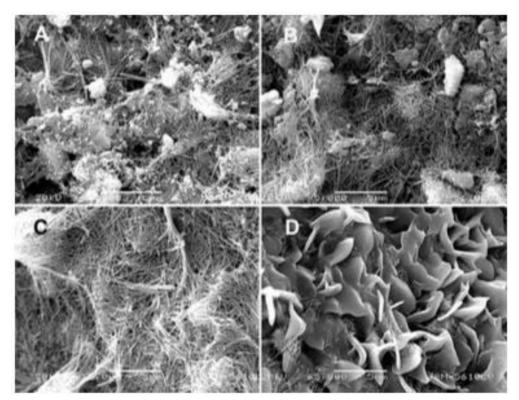


Figure 12 : Microstructure de la couche interfaciale au contact de différents biomatériaux

A: photographie du groupe témoin montrant la couche interfaciale sur les parois de dentine contenant les produits hydratés gélatineux avec des résidus en forme d'aiguille, du MTA B: photographie lors de l'immersion dans la solution d'hypochlorite de sodium, identique au groupe témoin

C : photographie lors de l'immersion dans la chlorhexidine, augmentation des résidus en forme d'aiguille

D : lors de l'immersion dans le Glyde File Prep on observe que le matériau a la forme de flocons réguliers

Source: The effects of sodium hypochlorite (5.25%), Chlorhexidine (2%), and Glyde File Prep on the bond strength of MTA-dentin, Yan et al. 2006

### 1.2.2.5 Forces de liaison avec d'autres matériaux

L'utilisation de MTA en thérapie de conservation de la vitalité pulpaire va permettre de mettre en place des matériaux de restaurations définitives par dessus le MTA. La force de liaison avec ces matériaux est donc un facteur déterminant de la qualité de la future restauration.

Il a été estimé qu'une force de liaison entre deux matériaux de restaurations devait comprise au minimum entre 17 et 20 MPa, pour résister aux forces de contraction de prise, afin d'obtenir une restauration étanche.

Une adhésion optimale de 23,4 MPa est obtenue avec un système adhésif avec mordançage préalable.

Plusieurs raisons ont été évoquées qui pourraient expliquer que les systèmes automordançants ont une force d'adhésion moindre :

- la combinaison de monomères hydrophiles et hydrophobes acides en une seule étape peut compromettre la polymérisation de l'adhésif
- la faible résistance inhérente du polymère adhésif
- le plus faible degré de polymérisation du monomère de résine en raison d'un important effet d'inhibition de solvant/oxygène lors de l'activation à la lumière de ces matériaux.(Bayrak et al. 2009)

### 1.2.3 Propriétés optiques

#### 1.2.3.1 Dyschromie

La mise en place de MTA entraîne des colorations de la dent.

Cette coloration était expliquée auparavant par la présence d'oxyde de bismuth.

Mais aujourd'hui nous pouvons l'expliquer par le contact du matériau avec du sang. En effet, le matériau, comme expliqué plus tôt, a une porosité qui peut varier en fonction du pH de son environnement, ainsi au contact du sang la microstructure du matériau peut être modifiée et on peut donc assister à une absorption de composants sanguins, ce qui va ainsi entraîner une coloration de la dent. (Lenherr et al. 2012)

## 1.2.3.2 Radiopacité

La radiopacité du MTA est évaluée à 6,4 par mm d'Aluminium.

Le MTA est donc plus radiopaque que la Biodentine®, ce qui pourrait s'expliquer par les différences de composition des deux matériaux, et notamment les radiopacifiants (oxyde de bismuth pour le MTA et oxyde de zirconium pour la Biodentine®). (Kaup, Schäfer, and Dammaschke 2015)

## 1.2.4 Propriétés biologiques

## 1.2.4.1 Biocompatibilité

Le MTA est non mutagène, non neurotoxique, et n'entraîne pas de modification sur la microcirculation, même si il peut avoir une légère influence sur la contraction de vaisseaux.(Torabinejad and Parirokh 2010)

Torabinejad et al. ont montré que le MTA est aussi moins cytotoxique que l'IRM, l'amalgame ou le Super EBA.

L'étude in vitro de Jung et al, que nous avons mentionnée précédemment, nous indique qu'au contact du MTA le nombre d'ostéoblastes va significativement augmenter entre le jour 1 et le jour 20. Au jour 13 la quantité d'ostéoblastes sera plus importante dans le groupe au contact du MTA que dans celui au contact de la Biodentine®. (Jung et al. 2014)

Le MTA induirait aussi la production de cytokines IL-6 et IL-8, et ne modifierait pas la production du facteur de stimulation des macrophages (M-CSF). (Mitchell et al. 1999)

Plusieurs études relatent un effet antibactérien du MTA. En effet nous pouvons observer une activité antibactérienne sur Streptococcus Salivaris et Sanguis, néanmoins, pas d'activité au contact de Streptococcus Mutans. (Poggio et al. 2015)

#### 1.2.4.2 Bio-induction

La zone superficielle de matrice fibrodentinaire, qui se forme à la surface de la pulpe exposée et traitée par le MTA, est suivie par une différenciation de néo-odontoblastes et une déposition de dentine réparatrice.

Des études précédentes ont montré que le MTA induisait le formation d'un substrat biologiquement actif pour les cellules pulpaires, et était capable de stimuler l'activité biosynthétique de ces cellules, permettant ainsi une activité dentinogénique. Mais cependant une évaluation à court-terme indique clairement que l'activité biosynthétique des cellules pulpaires ne peut pas être considérée comme une induction directe pour la formation de dentine réparatrice. (Tziafa et al. 2014)

La barrière de tissu dur formée par le MTA a généralement une morphologie avec une prédominance de structures tubulaires comme nous pouvons le voir sur la photo cidessous.(Reston and de Souza Costa 2009)

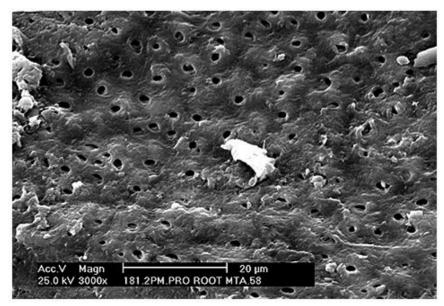


Figure 13: Pont dentinaire

Photographie de la morphologie de la barrière de tissu dur dont la formation a été induite par le MTA

Source: Scanning electron microscopy evaluation of the hard tissue barrier after pulp capping with calcium hydroxide, mineral trioxide aggregate (MTA) or ProRoot MTA, Reston and De Souza Costa 2009

## 1.3 Champs d'application

Le but d'une thérapie de vitalité pulpaire est de supprimer les facteurs locaux d'irritation puis de placer de manière directe, ou indirecte, un matériau protecteur par dessus la pulpe. Nous voulons par ce traitement promouvoir la cicatrisation du tissu pulpaire et induire la formation de dentine réparatrice afin de maintenir la vitalité pulpaire.

Les critères de succès de ces traitements sont :

- la vitalité pulpaire maintenue
- un minimum d'inflammation
- une couche continue de dentine réparatrice
- une absence de signes cliniques ou de sensibilité post-opératoires à la température.(Akhlaghi and Khademi 2015)

Une étude à long terme a permis d'évaluer le pronostic de ces traitements :

- entre 6 mois et 1 an, le taux de succès est de 87,5%
- entre 1 et 2 ans, ce taux est de 95,6%
- entre 2 et 3 ans, il est de 87,7%
- au delà de 3 ans, il est de 99%. (Mente et al. 2014)

Nous allons maintenant décrire ces techniques de conservation de la vitalité.

## 1.3.1 Coiffage indirect

Le coiffage indirect est recommandé pour des dents asymptomatiques sans exposition pulpaire, mais aussi pour des dents présentant une pulpite réversible. Nous plaçons le matériau biocompatible sur la dentine saine, puis, lors de la même séance de soins, ou lors d'une deuxième séance de soins, nous mettons en place un matériau de reconstitution définitif par dessus.

Le succès de cette thérapie réside aussi dans le maintien d'un joint étanche, afin d'éviter les infiltrations microbiennes, aussi bien avec la restauration temporaire qu'avec la définitive.(Akhlaghi and Khademi 2015)

Le taux de succès pour ce traitement est de 93% pour les dents permanentes. (Cohenca, Paranjpe, and Berg 2013)

## Les étapes de ce traitement sont :

- 1. anesthésie
- 2. contrôle de l'absence de tissu carieux avec un excavateur manuel
- 3. mise en place de la digue étanche
- 4. désinfection de la cavité à l'aide d'hypochlorite de sodium à 2,5%. (Cohenca, Paranjpe, and Berg 2013)
- 5. préparation du biomatériau (MTA ou Biodentine®)

## Spécificités des deux matériaux :

Comme nous l'avons dit plus haut, concernant la Biodentine®, elle doit être apposée sur une surface sèche mais non desséchée. Nous préparerons donc la surface dentinaire en passant une boulette de coton imbibée d'eau stérile.

Pour les deux biomatériaux, il ne faut pas mordancer la dentine.

- 6. mise en place du biomatériau à l'aide d'une spatule à bouche ou d'un porte amalgame
- 7. si il s'agit de la Biodentine® la restauration définitive peut être réalisée dans la même séance, après la prise complète du matériau. Et si il s'agit du MTA, il faudra placer une obturation temporaire par dessus car le temps de prise est d'approximativement 2h45, puis lors d'une deuxième séance, réaliser l'obturation définitive.
- 8. Contrôle réalisé à 1 mois, 3 mois, 6 mois puis tous les ans. Ce contrôle consiste en la réalisation d'un test de vitalité pulpaire et d'une radiographie retro-alvéolaire.

## 1.3.2 Coiffage direct

Le coiffage direct peut être défini comme la procédure pendant laquelle la pulpe saine exposée est recouverte par un matériau biocompatible. Nous pouvons considérer ce coiffage réussi lorsque la dent conserve sa vitalité et lors de la formation d'un pont dentinaire dans les 75-90 jours suivants la mise en place du matériau. (Zhu, Ju, and Ni 2015)

La pulpe doit être saine avant la mise en place du matériau, sans inflammation ni invasion microbienne pré-existante. Il peut y avoir un léger saignement lors de l'exposition de la pulpe, il est nécessaire de contrôler ce saignement.

Un saignement important peut être le signe d'un plus grand degré d'inflammation de la pulpe, et donc d'une diminution de la capacité de réparation de la pulpe. Mais un saignement non contrôlé peut aussi entraîner des difficultés dans l'obtention d'un joint étanche, du fait de l'humidité et de la contamination de la dentine adjacente.

Ainsi pour contrôler le saignement nous allons placer une boulette de coton dans une solution puis l'apposer sur la pulpe pendant quelques minutes. La solution saline a été déclarée comme étant la moins cytotoxique par plusieurs études. (Hilton 2009)

Le taux de succès de cette thérapie est compris entre 78 et 98%. (Akhlaghi and Khademi 2015)

Nous allons décrire ci-dessous les étapes du traitement :

Les 3 premières étapes sont communes avec le coiffage indirect, nous allons donc passer directement à l'étape numéro 4.

- 4. Rinçage de la cavité avec de l'hypochlorite de sodium à 2,5% pendant au moins 1 minute (Cohenca, Paranipe, and Berg 2013)
- 5. Contrôle de l'hémorragie par compression avec une boulette de coton imbibée d'une solution saline
- 6. Préparation du biomatériau
- 7. Mise en place du biomatériau (MTA ou Biodentine®), comme lors du coiffage indirect

Lors d'un coiffage direct le biomatériau doit normalement occuper toute la cavité, mais comme notre exposé porte sur les traumatismes dans le secteur antérieur nous ne pouvons pas faire de cette façon, pour des raisons esthétiques évidentes. Nous allons donc mettre en place le biomatériau, mais en faisant une couche plus épaisse, mais il ne devra cependant pas déborder au niveau des futurs joints de la restauration esthétique.

- 8. Réalisation d'une restauration temporaire, qui restera en place 2 semaines
- 9. Dépose de la restauration temporaire puis des 2/3 du biomatériau et réalisation de la restauration définitive
- 10. Les mêmes contrôles seront effectués que lors d'un coiffage indirect. Réévaluation à 1 mois, 3 mois, 6 mois, puis tous les ans en réalisant un test de vitalité et une radiographie rétro-alvéolaire.

## 1.3.3 Pulpotomie partielle

La pulpotomie est l'éviction partielle de la pulpe dentaire. Ce traitement est pratiqué lorsque l'exposition pulpaire est inférieure à 2 mm, que plus du tiers du plafond pulpaire est effondré. La dent doit être vitale et ainsi répondre aux tests de sensibilité pulpaire, sans signes d'inflammation ou de nécrose, l'hémostase doit être faite en 1 à 2 minutes et le patient ne doit pas avoir les symptômes d'une pulpite irréversible.

Le traitement a un taux de succès compris entre 91 et 100% pour les dents permanentes. (Akhlaghi and Khademi 2015)

Après l'éviction partielle de la pulpe et le contrôle du saignement, le biomatériau est mis en place au contact de la pulpe et doit avoir une épaisseur minimum de 2 mm. (Cohenca, Paranjpe, and Berg 2013)

Nous allons décrire ci-dessous les étapes du traitement :

Les 3 premières étapes sont communes avec le coiffage indirect et direct, nous allons donc passer directement à l'étape numéro 4.

- 4. Eviction du tissu pulpaire à la fraise tungstène stérile, montée sur un contre-angle basse vitesse et avec une irrigation à l'eau stérile
- 5. Rinçage à l'eau stérile, pas de séchage
- 6. Hémostase réalisée avec une boulette de coton imbibée d'une solution saline
- 7. Rinçage de la cavité à la chlorhexidine à 2%. (Cohenca, Paranjpe, and Berg 2013)
- 8. Préparation et mise en place du biomatériau (MTA ou Biodentine®) sur une épaisseur minimum de 2-3 mm
- 9. Réalisation de l'obturation temporaire
- 10. Le patient sera revu minimum 2 semaines plus tard pour réaliser la restauration définitive.

- ❖ La teinte de la Biodentine® est stable, elle n'est pas modifiée par la teneur en oxygène et par l'irradiation de la lumière, l'utilisation de ce biomatériau est donc conseillée pour le secteur antérieur.
- ❖ Avant la mise en place du biomatériau pour un coiffage, il est important de vérifier l'absence d'inflammation pulpaire et d'invasion microbactérienne.
- **L**e respect des protocoles et des temps de prise des biomatériaux est primordial.

Le placement d'une restauration définitive étanche par dessus le biomatériau est un facteur tout aussi important du traitement. Nous allons maintenant exposer les différents moyens de restaurer l'esthétique.

## 2. Protocoles de restauration

La fracture coronaire d'une dent antérieure peut avoir des conséquences, non seulement esthétiques, mais aussi sur la fonction dentaire et sur l'élocution.

La prise en charge de ce type de pathologie représente souvent un enjeu majeur pour le praticien, d'un point de vue fonctionnel et esthétique. (Rajavardhan et al. 2014)

Il y a ainsi plusieurs traitements possible, nous devons aujourd'hui les envisager en gardant à l'esprit que la préservation tissulaire est un préalable indispensable à tout traitement en dentisterie contemporaine. Ces thérapeutiques vont donc être classées selon un « Gradient Thérapeutique », de la plus conservatrice à la plus mutilante.

Ce gradient est la conclusion à l'idée que les demandes esthétiques croissantes des patients doivent avoir des réponses thérapeutiques qui doivent respecter une préservation tissulaire maximale. (Tirlet and Attal 2009)

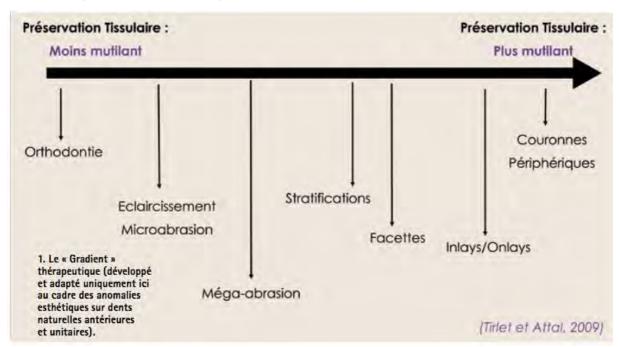


Figure 14 : Gradient thérapeutique

Présentation du Gradient Thérapeutique

Source : Le gradient thérapeutique un concept médical pour les traitements esthétiques, Tirlet and Attal 2009

Le concept de biomimétisme, qui peut être défini comme une reproduction et une imitation artificielle des procédés de la nature dans les organismes ou les êtres vivants, s'est étendu aux tissus dentaires. Ainsi une approche biomimétique, consistant en une conservation maximale

45

de tissu dentaire sain, a été décrite par Magne et Belser en 2003. Lors de la réalisation de

restaurations l'objectif sera dorénavant d'atteindre un résultat esthétique satisfaisant pour le

patient et le praticien, mais en ayant une approche plus conservatrice de l'organe dentaire.

Dans cette partie nous allons donc vous présenter différentes options de restauration de

l'esthétique, en allant de la plus conservatrice à la plus mutilante.

2.1 Reconstitution par recollage du fragment

Lors du traumatisme, si la fracture coronaire n'implique pas le tissu pulpaire, et qu'une

thérapie de la conservation de la vitalité n'est pas indiquée, la restauration de la dent en

utilisant le fragment fracturé peut être envisagée.

Pour cette thérapie, le fragment doit être en un seul morceau, en bon état et doit avoir été

conservé dans un milieu adéquat. En effet, la conservation du fragment dentaire est un facteur

important de la réussite de cette thérapeutique, si il n'est pas conservé dans un milieu

approprié il peut se déshydrater et se décolorer.

Le milieu de conservation a un impact sur la résistance à la fracture du fragment :

dans une solution saline: 76,917 N

- dans du lait : 38,778 N

au sec: 27,282 N. (Sharmin and Thomas 2013)

Nous allons maintenant détailler la méthodologie de ce traitement. Il est possible de réaliser

une thérapie de conservation de la vitalité pulpaire, avec un coiffage pulpaire, avant cette

thérapie de restauration.

1. Nous réalisons une analyse clinique et radiologique de la dent traumatisée. La dent

doit être vitale, le trait de fracture à distance de la pulpe et situé en supra-gingival

2. Ensuite le fragment doit être étudié, il doit être en un seul morceau et il doit s'adapter

parfaitement à la dent

3. Mise en place de la digue

4. Nous mordançons la surface fracturée du fragment en appliquant un gel d'acide

phosphorique à 37% pendant 30 secondes, puis rinçage

5. Application du système adhésif

6. Mordançage de la surface fracturée de la dent avec un gel d'acide orthophosphorique à

37% pendant 30 secondes sur l'émail et 15 secondes sur la dentine, puis rinçage

- 7. Application du système adhésif
- 8. Nous venons ensuite placer le fragment sur la dent, la coaptation doit être parfaite, puis photopolymérisation pendant 40 secondes
- Afin de masquer le trait de fracture, nous réalisons, à l'aider d'une fraise diamantée, montée sur une turbine et avec un spray air-eau, une rainure au niveau du trait de fracture.
- 10. La rainure va être mordancée, puis le système adhésif mis en place. Après photopolymérisation de l'adhésif un composite translucide va être mis en place au niveau de la rainure, il sera photopolymérisé
- 11. Réalisation des finitions et du polissage
- 12. Contrôles réalisés à 1 mois, 3 mois, 6 mois et 1 an.

Les contrôles permettent de tester la vitalité de la dent et une radio rétro-alvéolaire va permettre d'objectiver si y a formation d'une lésion au niveau du peri-apex. (Rappelli, Massaccesi, and Putignano 2002)

D'un point de vue esthétique la restauration par réattache du fragment donne de très bons résultats, mais d'un point de vu mécanique, la dent n'a pas la même résistance à la fracture qu'une dent intacte. Cette résistance à la fracture est aussi influencée par le composite utilisé.(Stellini et al. 2010)

Md et al ont décrit en 2014 une autre méthode qu'ils ont appelée « restauration biologique ». Le principe de cette thérapeutique est de restaurer la dent fracturée en utilisant un fragment issu d'une dent du patient qui a été avulsée, ou d'une banque de dents.

Dans un premier temps il faut évaluer la perte dentaire, cliniquement est radiologiquement.

Nous allons ensuite mesurer les dimensions mesio-distale, cervico-occlusale et vestibulolinguale de la dent à l'aide d'un compas d'épaisseur afin de sélectionner une dent aux dimensions adaptées.

La dent, issue d'une dent du patient avulsée antérieurement ou de la banque de dents, sera décoronnée et le fragment coronaire sera adapté aux dimensions de la cavité, en utilisant une fraise montée sur turbine avec un spray air-eau et du papier articulé. Le fragment sera ensuite autoclavé à 120°C pendant 20 minutes.

Lors d'un deuxième rendez-vous l'ajustement du fragment sera vérifié et nous le mettrons en place avec un collage. Nous utiliserons un composite de collage, dont il faudra respecter le protocole, afin de créer une liaison entre la dent et le fragment.

Les avantages de cette technique sont nombreux :

- préservation tissulaire
- esthétique très satisfaisant
- maintien de la vitalité
- prix peux élevé
- bon état de surface et adaptation physiologique
- moins d'accumulation de plaque ou de pigmentation en comparaison avec une restauration composite

Mais elle comporte de nombreux désavantages :

- plus adaptée pour le secteur postérieur et lors de lésions carieuses
- étape de labo, donc obligation d'avoir 2 rendez-vous
- simple mais nécessite une bonne analyse du praticien pour l'adaptation du fragment
- disponibilité des dents venant d'une banque (pas d'organisme de ce type en France)
- difficulté à trouver dent aux bonnes dimensions et à la teinte adaptée. (Md et al. 2014)

Cette méthode peut être envisagée comme une alternative par le praticien et par le patient si le fragment n'est pas utilisable après une fracture, mais elle nécessite néanmoins une plus grande expérience clinique du praticien. Les résultats sont aussi moins prévisibles que lors du réattachement du fragment de la dent fracturée.

Nous conseillons donc dans ces cas là de réaliser une reconstitution par stratification de composite, la technique que nous allons développer ci-dessous.

## 2.2 Reconstitution par méthode directe

Les composites ont été développés par Bowen au début des années soixante, il voulait proposer un matériau pour améliorer l'esthétique, par rapport aux autres matériaux présents sur le marché à cette époque (amalgame, résines acryliques et silicates) et avec de bonnes propriétés mécaniques. Depuis, les propriétés esthétiques, biologiques, mécaniques et fonctionnelles des composites n'ont pas cessé d'être améliorées, nous retrouvons ainsi un nombre important de composites sur le marché.

Nous allons ci-dessous présenter et décrire les trois familles de composites les plus utilisées.

#### • Composites hybrides

Ils peuvent être utilisés dans les secteurs antérieurs et postérieurs.

Il existe un large choix de couleur, de degré d'opacité, de translucidité et d'opalescence.

Ils possèdent une bonne capacité à mimer les structures dentaires, leur abrasion et leur usure est ainsi égale à celle d'une dent naturelle, mais leur résistance mécanique peut encore être améliorée.

Ils possèdent enfin une rétraction de prise et une absorption d'eau contrôlées mais qui existent encore.

Ce sont ces composites que nous utiliserons principalement lors de techniques de stratification.

## • Composites condensables

Ils ont été proposés pour faciliter la réalisation des points de contacts proximaux dans les secteurs antérieurs. Leurs propriétés mécaniques sont égales à celles des composites hybrides mais leur esthétique est moins bon, ils sont donc de moins en moins utilisés.

#### • Composites fluides

Leur mouillabilité sur les surfaces dentaires est forte, il n'y aura donc pas de formation de bulle d'air à l'interface avec la dent.

Ils possèdent une grande flexibilité, mais une rétraction de prise forte et une faible résistance à l'usure.

Ce sont des composites qui sont le plus souvent utilisés en fond de cavité.(Denis and Attal 2016)

Le choix du composite en fonction des propriétés recherchées par le praticien. Le tableau cidessous regroupe les propriétés physiques et optiques sur lesquelles il faut se concentrer.

| Composite features | Enamel | Dentin | Opalescence | Intensity | Dark<br>stains | Light<br>stains | Deep dentin | Mamelon<br>masses |
|--------------------|--------|--------|-------------|-----------|----------------|-----------------|-------------|-------------------|
| Fluorescence       | 2      | 5      | 1           | 4         | 4              | 4               | 5           | 5                 |
| Hybrid             | 4      | 5      | 4           | 4         | 4              | 4               | 5           | 5                 |
| Opalescence        | 4      | 1      | 5           | 1         | 1              | 1               | 1           | 1                 |
| Nanofill           | 3      | 3      | 3           | 1         | 1              | 9               | 0           | 0                 |
| Microfill          | 1      | 0      | 1           | 1         | 1              | 1               | 0           | 0                 |
| Flowable           | 1      | 4      | 1           | 1         | 4              | 4               | 3           | 0                 |
| Opacity            | 3      | 5      | 0           | 4         | 5              | 2               | 5           | 5                 |
| Translucency       | 4      | 2      | 5           | 3         | 1              | 4               | 1           | 0                 |
| Chroma             | 1      | 5      | 3           | 0         | 5              | 3               | 5           | 5                 |
| Value              | 4      | 2      | 2           | 5         | 0              | 3               | 2           | 4                 |

Figure 15 : Propriétés essentielles des composites

0 : pas désirable, 1 : pas attrayant, 2 : peu attrayant, 3 : attrayant, 4 : très attrayant, 5 : désirable

Source: Composite in everyday practice: how to choose the right material and simplify application techniques in the anterior teeth, Devoto and al. 2010

Le choix de la teinte est une étape très importante de la thérapeutique. La base de la couleur dérive de la dentine et l'émail va modifier la couleur de la dentine. En effet l'épaisseur d'émail est décisive pour la couleur de la dent et son évolution au cours du temps.

Avec du recul et une expérience clinique il est suggéré de choisir un minimum de nombre de couleur de dentine et de faire varier l'incidence chromatique en ajustant l'épaisseur d'émail.

Il est important de créer une échelle de couleur personnalisée pour évaluer l'opacité, la translucidité ou la saturation d'un matériau, avec des échantillons de même épaisseur pour identifier la masse correcte.

En effet la gestion de l'épaisseur de matériau est un facteur clef de la réussite clinique de cette thérapeutique. La création d'un guide stable pour le montage du composite permet de faciliter cette étape, le plus souvent ce guide sera réalisé en silicone rigide à partir d'un wax up d'étude. (Devoto, Saracinelli, and Manauta 2010)



Figure 16 : Clé en silicone

Photographies d'un moule en silicone qui va permettre de contrôler l'épaisseur des différentes couches de composites

Source : Composite in everyday practice, Devoto, and al, 2010

Les techniques de stratification ont évoluées avec le temps, il en existe plusieurs que nous allons vous présenter ci-dessous.

#### 1. La technique historique en deux couches

Une première couche est réalisée avec un composite ayant des propriétés esthétiques universelles, puis il est recouvert d'une couche de composite incisal transparent, qui vient mimer le bord incisif. Le plus souvent ce type de restauration présente un effet grisâtre.

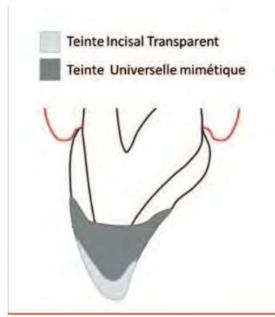


Figure 17: Stratification en deux couches

Schéma de la technique de stratification en deux couches Source : Le point sur la stratification antérieure des composites, Decerle et al, 2011

## 2. La technique historique en trois couches

Cette technique se caractérise par l'utilisation de deux composites dentine d'opacités différentes (une dentine opaque et une dentine de corps), et d'un composite émail. La difficulté de cette technique est de gérer les épaisseurs, car le résultat esthétique peut être très décevant.

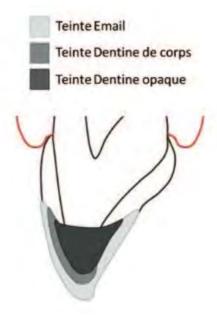


Figure 18: Stratification en trois couches

Schéma de la technique de stratification en trois couches Source : Le point sur la stratification antérieure des composites, Decerle et al, 2011

## 3. Technique en trois couches selon Vanini

Cette technique est proche de la précédente, la différence réside dans la présence d'une couche de dentine en plus, qui va permettre de mimer la couche d'émail amorphe, appelée par Vanini, couche de haute diffusion. Nous allons ainsi avoir des couches de dentine d'opacités croissantes, dont la dénomination est UD1 à UD5.

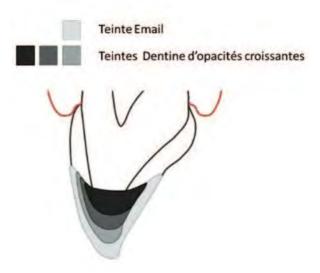


Figure 19: Stratification selon Vanini

Schéma de la technique de stratification en trois couches selon Vanini Source : Le point sur la stratification antérieure des composites, Decerle et al, 2011

#### 4. Technique du Natural Layering Concept

Dans cette technique les tissus manquants sont remplacés par des composites ayant les mêmes propriétés optiques, on a donc deux couches de composite, une pour la dentine et une pour l'émail. Les couches de composites ont la même épaisseur que les tissus qu'ils remplacent, la dentine va juste recouvrir un biseau afin de masquer le joint de la restauration.

Une évolution de cette technique existe aussi, on rajoute des effets afin de reproduire les détails anatomiques de la dent. Les matériaux sont placés entre la couche de dentine et d'émail.(Decerle et al. 2011)

C'est cette technique que nous avons choisi de développer.

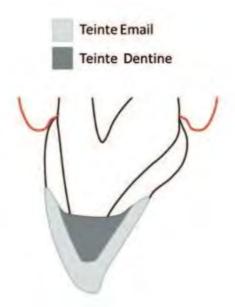


Figure 20: Natural Layering Concept

Schéma de la technique du Natural Layering Concept Source : Le point sur la stratification antérieure des composites, Decerle et al, 2011

Concernant le montage, dont nous allons décrire la méthodologie ci-dessous, nous pouvons donc diviser la dent en 3 couches :

- le corps de dentine
- la dentine (l'anatomie interne ou l'opalescence, exemple avec la création de mamelons)
- l'émail, son épaisseur doit correspondre à la moitié de l'épaisseur de l'émail sur une dent naturelle. (Devoto, Saracinelli, and Manauta 2010)

#### 2.2.1 Stratification du composite

Il est très important de faire des photos, durant toutes les phases thérapeutiques, elles seront utiles pour l'analyse préopératoire du cas clinique et afin de pouvoir évaluer les points à améliorer au fil du temps.

## Analyse préopératoire

Il s'agit d'observer la morphologie de la dent traumatisée, avec sa perte tissulaire, ainsi que celle des dents adjacentes qui nous serviront de références autant pour la forme que pour l'étude de la teinte.

#### • Analyse de la forme

Dans le cas d'une perte de substance de faible étendue nous réaliserons un mock-up, qui est une reconstitution composite directe sur la dent mais sans traitement de surface préalable, cette reconstitution sera enregistrée avec une clé en silicone.

Dans le cas d'une perte de substance plus importante, ou si plusieurs dents sont concernées, il faudra passer par une étape de laboratoire avec la réalisation d'un wax-up. C'est un montage diagnostic en cire sur un modèle d'étude. Cette nouvelle forme sera ensuite enregistrée avec une clé en silicone.

#### • Prise de la teinte

Elle doit être réalisée en début de séance, avant la pose de la digue, quand la dent n'est pas déshydratée, et à la lumière naturelle.

Un teintier peut être utilisé. Il est aussi possible de mettre en place des plots de composites sur la dent, sans traitement de surface : à la jonction entre le 1/3 médian et le 1/3 cervical pour le choix de la dentine et au niveau du bord libre pour le choix de l'émail. Ensuite les plots sont déposés, avec l'aide d'une sonde ou d'une spatule à bouche.



Figure 21 : Choix de la teinte

Photographie de plots de composite mis en place afin de choisir la teinte du composite

Source : Docteur Bertrand Bonin

#### Analyse de la caractérisation

Il s'agit d'objectiver la présence : des zones de translucidité et d'opalescence au niveau du bord libre et des zones proximales, du nombre de mamelons dentinaires, des éventuelles tâches de fluorose et autres colorations.

## • Préparation de la dent

Le long du trait de fracture nous réaliserons un chanfrein long sur la face vestibulaire, et de type quart de rond sur la face palatine afin de ne pas distinguer la limite de la restauration. Puis nous allons polir cette limite.

La clef en silicone est ensuite positionnée, et nous notons la limite palatine du trait de fracture par un trait de crayon, ou une griffure.

#### Adhésif

Nous utiliserons un système adhésif en deux ou trois étapes, avec mordançage préalable, ils permettent une meilleure liaison avec le tissu dentaire que des systèmes auto-mordançants.

## • Application du composite

Nous allons monter le composite couche par couche, de la face palatine à la face vestibulaire, en photopolymérisant chaque couche. Le composite est appliqué par tapotage et compresion, il faut éviter de tirer afin de ne pas incorporer de bulles. Nous pouvons utiliser des spatules à bouche (avec des angulations particulières), des pinceaux ou des micro-brush.



Figure 22 : Pinceau

Photographie d'un pinceau utilisé pour le montage de couche fine de composite

Source : Docteur Bertrand Bonin

La face palatine et les faces proximales seront montées en composite émail, sur la clé en silicone, jusqu'à la marque que nous avons réalisée précédemment. La clé est ainsi chargée de composite, puis nous allons la placer en bouche afin d'ajuster le composite et de le photopolymériser.



Figure 23 : Clé en silicone et montage de la face palatine Photographie du moule en silicone utilisé lors du montage du mur palatin Source : Docteur Bertrand Bonin

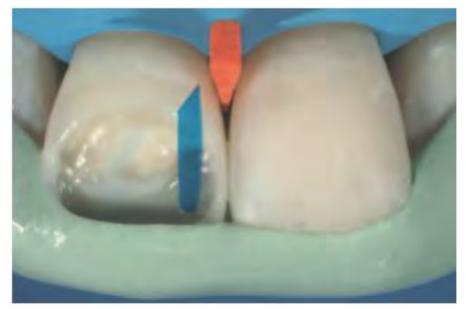


Figure 24 : Clé en silicone et montage des faces palatine et proximales

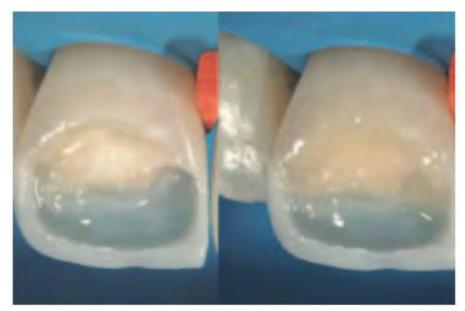


Figure 25 : Résultat après avoir enlevé la clé
Photographies des faces palatine et proximales montées en utilisant la clé comme support
Source : Composite in everyday practice, Devoto and al. 2010

La masse dentine sera ensuite montée, en respectant l'épaisseur et l'anatomie de la dent. Le composite vient recouvrir le biseau afin de masquer le joint dent-composite.

Les mamelons sont ensuite réalisés avec le composite de masse « dentine », un composite de masse « effet » sera ensuite utilisé pour caractériser la dent. La clef en silicone est retirée à cette étape.

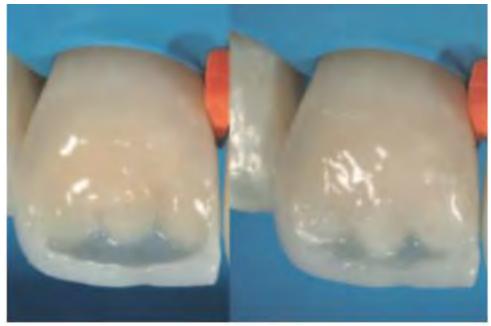


Figure 26 : Montage du composite masse dentine et caractérisations

Photographie après le montage de la masse dentine, des mamelons et des caractérisations

Source : Composite in everyday practice, Devoto and al. 2010

La dernière couche de composite émail est ensuite montée, et comme dit précédemment, son épaisseur doit être inférieure à l'épaisseur d'émail sur une dent naturelle. Cette dernière couche est polymérisée au travers d'une couche de gel de glycérine afin de la protéger.



Figure 27 : Montage du composite émail

Photographie de la dernière couche d'émail, puis avec le gel de glycérine par dessus

Source : Composite in everyday practice, Devoto and al. 2010

#### Finitions

Un partie des finitions est réalisée le jour même, l'autre partie sera réalisée au prochain rendez-vous, l'appréciation esthétique de l'intégration de la restauration se fera aussi ultérieurement (la mise en place de la digue entraîne une déshydratation de la dent).

Le but des finitions est de faire ressortir les macro- et les micro- reliefs de la dent, pour avoir un rendu esthétique optimal.

Le jour même nous utiliserons des fraises de faible granulométrie (bague rouge, jaune, blanche), ou des disques (Pop-On®, 3M) pour retoucher la restauration.

Au rendez-vous suivant nous réaliserons le brillantage de la dent, avec des cupules en silicone (de la plus abrasive à la moins abrasive) et avec des disques associés à des pâtes à polir.(Roux 2012)

Pour la réalisation de ce type de restauration il est ainsi important d'avoir un plateau technique adapté, de respecter les règles de préparation de la dent et surtout de bien connaître son matériau (propriétés physiques, chimiques, optiques).

Le taux de survie de ces reconstitutions peut aller jusqu'à 85% à 7 ans.(Weisrock, Camaleonte, and Mansour 2015)



Figure 28 : Cas clinique avant stratification



Figure 29 : Cas clinique après stratification

Photographies d'un cas clinique, avant et après une méthode de stratification

Source : Dr Bertrand Bonin

Ece Eden nous présente dans un article une alternative à la clé en silicone, il utilise un moule transparent servant à réaliser des couronnes temporaires.

Ces moules existent en plusieurs tailles, ils sont en plastique fin et peuvent être adaptés par le dentiste en les découpant avec un ciseau.

Ainsi, nous mesurons les dimensions de la dent afin de trouver un moule adapté, puis avec une paire de ciseaux nous adaptons cette couronne au trait de fracture en découpant la partie gingivale. La partie vestibulaire sera enlevée, afin de créer une fenêtre. Les marges laissées après la découpe de la face vestibulaire doivent recouvrir les faces proximales, comme des bandes de matrice. Le bord libre sera symétrique à l'autre incisive.

Le moule sera stabilisé avec une digue liquide (par exemple) au niveau du cingulum, puis nous réaliserons le montage du composite avec une méthode de stratification comme celle décrite précédemment. Le moule transparent sera enlevé au moment des finitions.

Par rapport à une reconstitution par stratification utilisant un moule en silicone, cette technique se fait en une seule étape. Le moule transparent peut facilement être modifié en fonction du trait de fracture, et l'occlusion peut être réglée avant la fixation du moule.

Mais cette méthode est moins précise que celle décrite précédemment car on ne peut pas contrôler l'épaisseur, l'adaptation du moule transparent est plus aléatoire, cette technique est praticien-dépendant, et le résultat moins prédictible que lorsque nous utilisons un clé en silicone qui a été réalisée à partir d'un mock-up ou d'un wax-up.(Eden and Taviloğlu 2015)

Nous allons maintenant nous intéresser aux techniques de restauration, qui nécessitent des étapes de laboratoire.

## 2.3 Reconstitution par méthode indirecte

Les reconstitutions par méthode indirecte sont généralement envisagées lorsque des traitements plus conservateurs ont déjà été mis en place mais ne sont plus adaptés, car ils entraînent un « sacrifice » de tissu dentaire sain. Esthétiquement il est plus difficile d'accorder la teinte aux dents adjacentes et les risques d'échec mécaniques et biologiques sont plus importants lorsque le praticien s'oriente vers des traitements plus mutilants. (K 2014)

Nous allons ci-dessous décrire des traitements qui seront plus mutilants pour la dent, donc situés plus à droite sur l'axe du gradient thérapeutique, en commençant par les facettes collées.

## 2.3.1 Facette céramique

Les facettes sont des fines coques de céramiques qui viennent recouvrir l'intégralité de la face vestibulaire de la dent, parfois elles englobent aussi le bord libre et une partie de la face palatine. Elles sont collées à la surface dentaire avec un composite de collage.

En 2007 la Société Allemande de Chirurgie Buccale et Maxillo-faciale a pris position sur les facettes céramiques et a affirmé que ces dernières doivent êtres considérées comme des restaurations dentaires définitives scientifiquement reconnues et validées par la littérature.

Les facettes représentent une excellente option thérapeutique car elles ont un niveau de qualité très élevé, avec une très bonne esthétique et un faible sacrifice tissulaire, par rapport à des couronnes à recouvrement complet.

Elles ont aussi un faible taux d'échec, si les protocoles sont rigoureusement respectés :

- à 5 ans il est inférieur à 5%
- à 10 ans il est inférieur à 10%. (Manhart 2011)

Ces très bons résultats sont dus au fait que la dent est préparée à minima. En effet une préparation de 1/3 de l'émail vestibulaire entraînerait une augmentation de la flexibilité coronaire de 15%. Et en cas de l'élimination totale de cet émail vestibulaire cette flexibilité augmenterait de 116%. (Weisrock, Camaleonte, and Mansour 2015)

Un des critères de succès est aussi un support de collage constitué uniquement d'émail, en effet celui-ci est plus facilement mordançable et sa composition minérale ne perturbe pas la couche adhésive comme pourrait le faire de la dentine hydratée. Si le protocole de collage est respecté la liaison céramique-émail peut être plus forte que la liaison émail-dentine.

Ainsi afin de préserver le tissu amélaire vestibulaire, plusieurs auteurs ont mis en place des protocoles cliniques reproductibles, ils sont basés sur l'analyse clinique et la préparation d'un projet esthétique. (Serfaty, Toledano, and Etienne 2013)

Il est recommandé de bien documenter la situation clinique initiale (photos, modèles d'étude montés en articulateur). La réalisation de wax-up, de mock-up et de repères de profondeur, à partir de ces modèles d'étude, est indispensable afin de permettre une préparation mini-invasive et une préservation tissulaire maximale.

Un gabarit diagnostic, qui est une attelle en résine thermoplastique transparente formée sous vide à partir du wax-up, permet d'augmenter la prédictibilité du résultat thérapeutique. Il est aussi possible d'injecter dans le gabarit diagnostique un composite provisoire, ce qui permet de transformer le wax up en mock-up pour un essai en bouche.

Les repères de profondeur seront réalisés directement sur le mock-up.



Figure 30 : Gabarit diagnostic Photographie d'un gabarit diagnostic

Source : Esthétique antérieure parfaite grâce aux facettes céramiques collées, Manhart 2011

Pour la préparation de la dent nous allons utiliser des instruments rotatifs adaptés, qui sont conçus spécialement pour tailler des repères de profondeur. Les rainures horizontales réalisées ont une épaisseur comprise entre 0,3 et 0,5 mm.

Nous marquons ensuite le fond des repères avec un crayon, puis nous éliminons la résine restante : ainsi nous verrons les zones qui auront besoin d'une préparation supplémentaire, et celles qui n'auront pas besoin d'être retouchées. La réalisation d'une clé en silicone (réalisée antérieurement à partir du wax-up) facilite le contrôle de la géométrie de la préparation.

Si la préparation du bord libre est nécessaire elle doit être de 1-2 mm pour permettre une stabilité suffisante. Un recouvrement complet avec un sertissage palatin n'est pas obligatoire. La limite de la préparation est juxta-gingivale, afin de faciliter la mise en place du champ opératoire pour le collage. Au niveau inter-proximal elle doit s'arrêter juste en dessous du point de contact afin de masquer le joint dento-prothétique.



Figure 31 : Instrument adapté pour les repères de profondeur

Photographie de l'instrument adapté à la réalisation de repères de profondeur Source : Esthétique antérieure parfaite grâce aux facettes céramiques collées, Manhart 2011 La validation fonctionnelle va se faire avec les provisoires, puis la validation esthétique se fera au fauteuil, avec l'adaptation des facettes d'usage et avec le choix du composite de collage

La couleur de la facette est influencée par trois facteurs principalement :

- la couleur du moignon taillé : l'influence est forte si la céramique est translucide, moyenne si la céramique est opaque
- la couleur de la céramique : forte influence si la céramique est translucide, et encore plus si elle est opaque
- la couleur du composite de scellement : c'est l'influence la moins importante, du fait de la faible épaisseur du composite par rapport à l'épaisseur de la céramique.

Le collage va ensuite se faire avec un système adhésif avec mordançage préalable, et avec un composite de collage uniquement photopolymérisable. En effet les composites « dual » ont une stabilité de couleur imprévisible, et la facette est très fine donc la photopolymérisation est possible à travers elle.

Après le collage la facette atteint une stabilité et une résistance maximale. (Manhart 2011)

## 2.3.2 Facette composite

La réalisation de facettes en composite constitue une alternative à l'utilisation de céramique. Cette thérapeutique est possible grâce à l'amélioration des propriétés du composite au fil du temps. Leurs indications sont identiques à celles des facettes céramiques.

Ces facettes sont réalisées par stratification, chaque couche est polymérisée par la lumière et la chaleur.

Les avantages de choisir le composite en restauration indirecte sont :

- un bon résultat esthétique
- une bonne résistance à l'abrasion
- biocompatibilité avec les tissus mous
- stabilité dimensionnelle et chromatique
- liaison forte entre les deux surfaces

Les facettes composites ont une plus grande force de flexion que les céramiques (120-160 MPa). Elles ont aussi un retrait de polymérisation minimal et une usure comparable à celle de l'émail naturel. (Gargari et al. 2013)

#### 2.3.3 Couronne céramo-céramique

La couronne unitaire est la solution thérapeutique la plus mutilante pour l'organe dentaire, elle doit être envisagée lorsque toutes les solutions situées plus à gauche sur l'axe du gradient thérapeutique ont été mises en place et ne sont plus adaptées.

Dans cette partie nous allons nous intéresser uniquement au système « In-Ceram® ».

Le terme de In-Ceram® dérive de la céramique infiltrée.

Ce système est classé comme une céramique infiltrée, qui est indiquée dans la réalisation d'armature de couronne, avec une forte résistance, sur laquelle sera ensuite montée une céramique cosmétique. Ce système a été conçu par le Dr Sadoun et a été introduit sur le marché par VITA en 1989. (Cristina 2011)

La proportion d'alumine contenue dans le produit est au moins de 90 %, avec des particules de tailles comprises entre 0,5 et 3,5 µm. Après la cuisson à 1100 °C, la chape d'alumine poreuse est infiltrée lors d'une deuxième cuisson à 1150 °C par un verre de lanthanum. Nous allons principalement nous intéresser à ce système pour notre exposé.

In-Ceram Spinelle® est renforcée par une poudre de magnésium aluminate. Les grains (1-5 µm) occupent plus de 8% du volume. Ce système est 40% plus translucide mais 20% plus fragile que l'Alumina.

In-Ceram Zircone® est renforcée par de l'alumine à 67% et de la zircone à 33%. Les grains (1-5 µm) occupent 85%, ce système a donc une meilleure résistance que l'Alumina mais n'est pas esthétique. (Poujade, Zerbib, and Serre 2004)

Les avantages du système In-Ceram® sont :

- une esthétique améliorée par rapport à une couronne céramo-métallique, et une stabilité de la couleur
- une diminution de la sensibilité thermique
- une force de flexion supérieure à celle de l'émail et de la dentine
- biocompatible
- un état de surface qui empêche l'accumulation de plaque
- un bas degré de conduction thermique. (Cristina 2011)

Les trois déterminants du succès d'une thérapie avec une restauration céramique sont : l'esthétique, la résistance à la fracture et l'adaptation marginale.

## 2.3.3.1 Résistance du système In-Ceram Alumine®

La résistance à la flexion est de 450 MPa. (Poujade, Zerbib, and Serre 2004)

La résistance à la fracture est de 428,8 N. (Att et al. 2006)

Cette résistance à la fracture augmente avec le montage d'une céramique cosmétique, en comparaison avec une céramique monobloc. (Tinschert et al. 2001)

La ténacité (résistance à la progression d'une fissure pré-existante) est de 4 MPa/m ½.

La dureté du système est de : 120 HVN

## 2.3.3.2 Adaptation marginale

L'ajustement marginal est évalué en mesurant l'écart marginal, ou écart marginal absolu.

L'ADA (American Dental Association) a statué que l'épaisseur de ciment de scellement devait être comprise entre 25 et 40  $\mu$ m, le maximum toléré étant de 120  $\mu$ m. En réalité un écart marginal compris entre 25 et 40  $\mu$ m est rarement possible mais 94,9% des couronnes ont un écart marginal inférieur à 120  $\mu$ m. Ce qui signifie que la majorité des couronnes a une adaptation satisfaisante.

Les facteurs pouvant influencer cette adaptation sont :

- les finitions : la dent doit être préparée avec un chanfrein
- l'espace pour le ciment : un trop faible espace pourrait conduire à des contacts prématurés entre la surface interne de la couronne et la dent d'appui, et ainsi entraver

64

l'évacuation de l'excès de ciment à partir de la surface occlusale de la dent, creusant

ainsi l'écart marginal

le processus de montage de la céramique cosmétique : lors d'une contamination de

l'armature, ou lors des différentes cuissons qui pourraient entraîner des déformations

- le protocole de scellement : les ciments à grains fins auraient de meilleurs

résultats.(Contrepois et al. 2013)

2.3.3.3 Esthétique

Le premier, et le principal, avantage de ce système est l'augmentation de la translucidité et de

la transmission de la lumière, dans ou à travers l'ensemble de la restauration. Cela permet au

céramiste et au dentiste de fournir au patient une restauration la plus naturelle possible.

Deuxièmement, la capacité de masquage des matériaux élimine la nécessité d'une céramique

opaque.(Raigrodski and Chiche 2001)

2.3.3.4 Indice de plaque et de saignement

Concernant le système In-Ceram Alumine®, une étude clinique de Kokubo et al a démontré

que le taux de survie à 5 ans dans le secteur antérieur est de 96,9%. À 5 ans l'intégrité

marginale, la couleur, la surface et l'anatomie de forme sont évalués comme étant excellent.

L'indice de plaque est de :

- au départ de l'évaluation clinique : 0,059

-  $\grave{a} 2 \text{ ans} : 0.29$ 

- à 5 ans : 0,241

L'indice de saignement est de :

- au départ de l'évaluation clinique : 0,05

- à 2 ans : 0.194

- à 5 ans : 0,103

Nous observons une différence significative de ces scores avec ceux d'une dent contrôle

controlatérale à 2 et 5 ans. (Kokubo et al. 2011)

2.3.3.5 L'état de surface

L'état de surface de la céramique est primordial. En effet lors d'une contrainte mécanique, les

défauts de surface engendrent des microfissures qui s'agrandissent pour former des fissures.

(Kokubo et al. 2011)

## 2.3.3.6 Préparation de la dent

La limite de la préparation doit être juxta- ou supra-gingivale, avec un chanfrein en finition. (Contrepois et al. 2013)

#### 2.3.3.7 Scellement

Il n'existe pas de scellement idéal, néanmoins, le Dr Sadoun recommande un scellement avec un ciment verre ionomère renforcé en résine (CVIMAR). Un scellement conventionnel peut aussi se faire avec des ciments au phosphate de zinc.

Lorsque les préparations sont supra-gingivales, et permettent la mise en place du champ opératoire, nous pouvons envisager un collage, mais pour ce système le scellement est recommandé.

- ❖ Pour la réalisation de chaque thérapeutique de restauration le praticien doit se référer au gradient thérapeutique et ainsi choisir la thérapeutique qui permettra de combler les attentes esthétiques du patient en préservant le tissu dentaire.
- **La stratification du composite constitue le gold standard pour la restauration des dents antérieures.**
- **❖** Les facettes ont de très bons résultats esthétiques, leurs indications sont multiples, et nous pouvons ainsi diminuer la réalisation de couronne à recouvrement complet.

**Conclusion** 

L'ensemble des endodontistes s'accordent à dire que la meilleure obturation pour une dent est

la pulpe. Car une dent vitale conserve son intégrité apicale, son pouvoir dentinogénique et son

signal d'alarme en cas de nouvelle lésion, il est ainsi important de conserver cette vitalité.

Les connaissances en biologie pulpaire, et en biomatériaux sont des pré-requis indispensables

à la réalisation de techniques de conservation de la vitalité pulpaire.

Les biomatériaux utilisés pour ces thérapies ont vu leurs champs d'application s'élargir, un

certain nombre d'études in vitro permettent de confirmer ces applications. Nous avons

néanmoins besoin de plus d'études in vivo afin de confirmer ces résultats prometteurs.

La restauration de l'esthétique est un challenge quotidien pour les praticiens, et d'autant plus

dans le secteur antérieur.

Des techniques contemporaines, largement documentées et simplifiées vont permettre d'aider

le praticien à réaliser ces restaurations. Néanmoins dans ce cas aussi une bonne connaissance

des propriétés des biomatériaux est nécessaire, elle fait partie des critères de succès de ces

thérapies.

Ainsi, lorsque la prise en charge peut être réalisée dans les temps et dans de bonnes

conditions, une dent traumatisée n'est pas une dent condamnée à un traitement endodontique

et à une couronne à recouvrement complet.

Le Président du jury

P. F. DIEMER

Lu par le DR BONIN

Lu par le DR BONIN

Lu par le 17/11/16

## Table des illustrations

| Figure 1 : Fracture amélaire  | 14 |
|---|----|
| Figure 2 : Fracture amélo-dentinaire simple   | 15 |
| Figure 3 : Fracture amélo-dentinaire compliquée   | 15 |
| Figure 4 : Dentine circumpulpaire   | 19 |
| Figure 5 : Dentine primaire et secondaire   | 20 |
| Figure 6 : Dentine réactionnelle et réparatrice   | 23 |
| Figure 7: Biodentine®   | 25 |
| Figure 8 : Zone d'infiltration minérale   | 28 |
| Figure 9 : Viabilité cellulaire au contact de la Biodentine®                              | 30 |
| Figure 10 : Comportement d'ostéoblastes au contact de dfférents biomatériaux              |    |
| Figure 11: MTA  |    |
| Figure 12: Microstructure de la couche interfaciale au contact de différents biomatériaux | 36 |
| Figure 13: Pont dentinaire  | 39 |
| Figure 14 : Gradient thérapeutique  | 44 |
| Figure 15 : Propriétés essentielles des composites  | 48 |
| Figure 16 : Clé en silicone   |    |
| Figure 17 : Stratification en deux couches  | 50 |
| Figure 18: Stratification en trois couches  | 50 |
| Figure 19: Stratification selon Vanini  | 51 |
| Figure 20: Natural Layering Concept   | 52 |
| Figure 21 : Choix de la teinte  | 53 |
| Figure 22 : Pinceau   | 54 |
| Figure 23 : Clé en silicone et montage de la face palatine                                | 54 |
| Figure 24 : Clé en silicone et montage des faces palatine et proximales                   | 55 |
| Figure 25 : Résultat après avoir enlevé la clé  | 55 |
| Figure 26 : Montage du composite masse dentine et caractérisations                        | 56 |
| Figure 27 : Montage du composite émail  |    |
| Figure 28 : Cas clinique avant stratification   | 57 |
| Figure 29 : Cas clinique après stratification   | 57 |
| Figure 30 : Gabarit diagnostic  | 60 |
| Figure 31 : Instrument adapté pour les repères de profondeur                              | 61 |
|   |    |

## **Bibliographie**

Akhlaghi, Najmeh, and Abbasali Khademi. 2015. "Outcomes of Vital Pulp Therapy in Permanent Teeth with Different Medicaments Based on Review of the Literature." *Dental Research Journal* 12 (5): 406.

Andersson, Lars. 2013. "Epidemiology of Traumatic Dental Injuries." *Journal of Endodontics* 39 (3): S2–5.

Atmeh, A.R., E.Z. Chong, G. Richard, F. Festy, and T.F. Watson. 2012. "Dentin-Cement Interfacial Interaction." *Journal of Dental Research* 91 (5): 454–59.

Att, Wael, Sirin Kurun, Thomas Gerds, and Joerg R. Strub. 2006. "Fracture Resistance of Single-Tooth Implant-Supported All-Ceramic Restorations: An in Vitro Study." *The Journal of Prosthetic Dentistry* 95 (2): 111–16.

Bayrak, Sule, Emine Sen Tunç, Isil Saroğlu, and Türkan Eğilmez. 2009. "Shear Bond Strengths of Different Adhesive Systems to White Mineral Trioxide Aggregate." *Dental Materials Journal* 28 (1): 62–67.

Ber, Benjamin S., John F. Hatton, and Gregory P. Stewart. 2007. "Chemical Modification of Proroot Mta to Improve Handling Characteristics and Decrease Setting Time." *Journal of Endodontics* 33 (10): 1231–34.

Butt, Naziya, Anuradha Bali, Sangeeta Talwar, Sarika Chaudhry, RuchikaRoongta Nawal, and Seema Yadav. 2014. "Comparison of Physical and Mechanical Properties of Mineral Trioxide Aggregate and Biodentine." *Indian Journal of Dental Research* 25 (6): 692.

Camilleri, J., P. Kralj, M. Veber, and E. Sinagra. 2012. "Characterization and Analyses of Acid-Extractable and Leached Trace Elements in Dental Cements: Leached Trace Elements in Dental Cements." *International Endodontic Journal* 45 (8): 737–43.

Camilleri, J., and T. R. Pitt Ford. 2006. "Mineral Trioxide Aggregate: A Review of the Constituents and Biological Properties of the Material." *International Endodontic Journal* 39 (10): 747–54.

Cohenca, Nestor, Avina Paranipe, and Joel Berg. 2013. "Vital Pulp Therapy." *Dental Clinics of North America* 57 (1): 59–73.

Contrepois, Mathieu, Arnaud Soenen, Michel Bartala, and Odile Laviole. 2013. "Marginal Adaptation of Ceramic Crowns: A Systematic Review." *The Journal of Prosthetic Dentistry* 110 (6): 447–454.e10.

Cristina, Adriana. 2011. "Functional and Esthetic Rehabilitation with In-Ceram Alumina and Zirconia System: A Multidisciplinary Approach." Edited by Shankargouda Patil. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, January, 68–72.

De Souza, Erika Thuanne Gonçalves, Michele Dias Nunes Tameirão, Juliana Marins Roter, Joaquim Teixeira De Assis, Aline De Almeida Neves, and Gustavo André De-Deus. 2013. "Tridimensional Quantitative Porosity Characterization of Three Set Calcium Silicate-Based

Repair Cements for Endodontic Use: Tridimensional Porosity Of Endodontic Cements." *Microscopy Research and Technique* 76 (10): 1093–98.

Decerle, Nicolas, Yann-Loïg Turpin, Céline Desa, and Martine Hennequin. 2011. "Le Point Sur La Stratification Esthétique Des Composites." *Actualités Odonto-Stomatologiques*, no. 256 (December): 341–52.

Denis, M., and Jean-Pierre Attal. 2016. "Dentisterie Restauratrice Adhésive: Comment Choisir Son Composite?" Accessed September 19.

Devoto, Walter, Monaldo Saracinelli, and Jordi Manauta. 2010. "Composite in Everyday Practice: How to Choose the Right Material and Simplify Application Techniques in the Anterior Teeth." *ResearchGate* 5 (1): 102–24.

Eden, Ece, and Engin Taviloğlu. 2015. "Restoring Crown Fractures by Direct Composite Layering Using Transparent Strip Crowns." *Dental Traumatology: Official Publication of International Association for Dental Traumatology*, October.

Farges, Jean-Christophe, Jean-François Keller, Florence Carrouel, Stephanie H. Durand, Annick Romeas, Françoise Bleicher, Serge Lebecque, and Marie-Jeanne Staquet. 2009. "Odontoblasts in the Dental Pulp Immune Response." *Journal of Experimental Zoology Part B: Molecular and Developmental Evolution* 312B (5): 425–36.

Gancedo-Caravia, Lucía, and Ernesto Garcia-Barbero. 2006. "Influence of Humidity and Setting Time on the Push-out Strength of Mineral Trioxide Aggregate Obturations." *Journal of Endodontics* 32 (9): 894–96.

Gandolfi, Maria Giovanna, Francesco Siboni, Antonella Polimeni, Maurizio Bossù, Francesco Riccitiello, Sandro Rengo, and Carlo Prati. 2013. "In Vitro Screening of the Apatite-Forming Ability, Biointeractivity and Physical Properties of a Tricalcium Silicate Material for Endodontics and Restorative Dentistry." *Dentistry Journal* 1 (4): 41–60.

Gargari, M., F. M. Ceruso, A. Pujia, and V. Prete. 2013. "Restoration of Anterior Teeth Using an Indirect Composite Technique. Case Report." *Oral & Implantology* 6 (4): 99.

Goldberg, Michel. 2008a. "Histologie de l'émail." *Encyclopédie Médico-Chirurgicale*. Médecine buccale, [28-110-M-10]. Paris: Elsevier Masson SAS.

——. 2008b. "Histologie du complexe dentinopulpaire." *Encyclopédie Médico-Chirurgicale*. Médecine buccale, [28-115-B-10]. Paris: Elsevier Masson SAS.

Grech, L., B. Mallia, and J. Camilleri. 2013a. "Investigation of the Physical Properties of Tricalcium Silicate Cement-Based Root-End Filling Materials." *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials* 29 (2): e20-28.

——. 2013b. "Characterization of Set Intermediate Restorative Material, Biodentine, Bioaggregate and a Prototype Calcium Silicate Cement for Use as Root-End Filling Materials." *International Endodontic Journal* 46 (7): 632–41.

Hilton, TJ. 2009. "Keys to Clinical Success with Pulp Capping: A Review of the Literature."

*Operative Dentistry* 34 (5): 615–25.

Jung, Susanne, Jana Mielert, Johannes Kleinheinz, and Till Dammaschke. 2014. "Human Oral Cells' Response to Different Endodontic Restorative Materials: An in Vitro Study." *Head & Face Medicine* 10 (December).

Kaqueler, J-C, and O. Le may. 1998. *Anatomie pathologique bucco-dentaire*. Elsevier-Masson. Abrégés. Elsevier Masson SAS.

Kaup, Markus, Edgar Schäfer, and Till Dammaschke. 2015. "An in Vitro Study of Different Material Properties of Biodentine Compared to ProRoot MTA." *Head & Face Medicine* 11 (May).

Kokubo, Y., M. Tsumita, S. Sakurai, Y. Suzuki, Y. Tokiniwa, and S. Fukushima. 2011. "Five-Year Clinical Evaluation of In-Ceram Crowns Fabricated Using GN-I (CAD/CAM) System: CLINICAL EVALUATION OF IN-CERAM CROWNS." *Journal of Oral Rehabilitation* 38 (8): 601–7.

Lam, R. 2016. "Epidemiology and Outcomes of Traumatic Dental Injuries: A Review of the Literature." *Australian Dental Journal* 61 (March): 4–20.

Laurent, Patrick, Jean Camps, Michel De Méo, Jacques Déjou, and Imad About. 2008. "Induction of Specific Cell Responses to a Ca(3)SiO(5)-Based Posterior Restorative Material." *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials* 24 (11): 1486–94.

Lenherr, P., N. Allgayer, R. Weiger, A. Filippi, T. Attin, and G. Krastl. 2012. "Tooth Discoloration Induced by Endodontic Materials: A Laboratory Study: Discoloration from Endodontic Materials." *International Endodontic Journal* 45 (10): 942–49.

Lm, Kaste, Gift Hc, Bhat M, and Swango Pa. 1996. "Prevalence of Incisor Trauma in Persons 6-50 Years of Age: United States, 1988-1991." *Journal of Dental Research* 75 Spec No: 696–705.

Locker, David. 2007. "Self-Reported Dental and Oral Injuries in a Population of Adults Aged 18?50 years." *Dental Traumatology* 23 (5): 291–96.

Malkondu, Özlem, Meriç Karapinar Kazandağ, and Ender Kazazoğlu. 2014. "A Review on Biodentine, a Contemporary Dentine Replacement and Repair Material." *BioMed Research International* 2014.

Manhart, Jürgen. 2011. "Esthétique antérieure parfaite grâce aux facettes céramiques collées." *Rev Mens Suisse Odontostomatol*, 121 edition.

Md, Indira, Kanika Singh Dhull, B Nandlal, Praveen Kumar Ps, and Rachita Singh Dhull. 2014. "Biological Restoration in Pediatric Dentistry: A Brief Insight." Edited by Nikhil Marwah. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry* 7: 197–201.

Mente, Johannes, Sarah Hufnagel, Meltem Leo, Annemarie Michel, Holger Gehrig, Dimos Panagidis, Daniel Saure, and Thorsten Pfefferle. 2014. "Treatment Outcome of Mineral Trioxide Aggregate or Calcium Hydroxide Direct Pulp Capping: Long-Term Results." *Journal of Endodontics* 40 (11): 1746–51.

Mitchell, P. J., T. R. Pitt Ford, M. Torabinejad, and F. McDonald. 1999. "Osteoblast Biocompatibility of Mineral Trioxide Aggregate." *Biomaterials* 20 (2): 167–73.

Nekoofar, M. H., Z. Aseeley, and P. M. H. Dummer. 2010. "The Effect of Various Mixing Techniques on the Surface Microhardness of Mineral Trioxide Aggregate." *International Endodontic Journal* 43 (4): 312–20.

Nguyen, Q. V., P. D. Bezemer, L. Habets, and B. Prahl-Andersen. 1999. "A Systematic Review of the Relationship between Overjet Size and Traumatic Dental Injuries." *The European Journal of Orthodontics* 21 (5): 503–15.

Nowicka, Alicja, Grażyna Wilk, Mariusz Lipski, Janusz Kołecki, and Jadwiga Buczkowska-Radlińska. 2015. "Tomographic Evaluation of Reparative Dentin Formation after Direct Pulp Capping with Ca(OH)2, MTA, Biodentine, and Dentin Bonding System in Human Teeth." *Journal of Endodontics* 41 (8): 1234–40.

Odabaş, Mesut Enes, Mehmet Bani, and Resmiye Ebru Tirali. 2013. "Shear Bond Strengths of Different Adhesive Systems to Biodentine." *The Scientific World Journal* 2013 (October).

Parirokh, Masoud, and Mahmoud Torabinejad. 2010. "Mineral Trioxide Aggregate: A Comprehensive Literature Review—Part I: Chemical, Physical, and Antibacterial Properties." *Journal of Endodontics* 36 (1): 16–27.

Piette, Etienne, and Michel Goldberg. 2001. La dent normale et pathologique. De Boeck Supérieur.

Poggio, C, R Beltrami, M Colombo, M Ceci, A Dagna, and M Chiesa. 2015. "In Vitro Antibacterial Activity of Different Pulp Capping Materials." *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 0–0.

Poujade, J.-M., C. Zerbib, and D. Serre. 2004. "Céramiques dentaires." *EMC - Dentisterie* 1 (2): 101–17.

Raigrodski, Ariel J., and Gerard J. Chiche. 2001. "The Safety and Efficacy of Anterior Ceramic Fixed Partial Dentures: A Review of the Literature." *The Journal of Prosthetic Dentistry* 86 (5): 520–25.

Rajasekharan, S., L. C. Martens, R. G. E. C. Cauwels, and R. M. H. Verbeeck. 2014. "Biodentine<sup>TM</sup> Material Characteristics and Clinical Applications: A Review of the Literature." *European Archives of Paediatric Dentistry* 15 (3): 147–58.

Rajavardhan, K, A.J Sai Sankar, Ahmed Shaik Tanveer, Kumar Naveen, and Kumar K Raj. 2014. "A Novel Technique in Restoring Fractured Anterior Teeth." *JOURNAL OF CLINICAL AND DIAGNOSTIC RESEARCH*.

Rappelli, Giorgio, Claudia Massaccesi, and Angelo Putignano. 2002. "Clinical Procedures for the Immediate Reattachment of a Tooth Fragment." *Dental Traumatology* 18 (5): 281–84.

Reston, Eduardo Galia, and Carlos Alberto de Souza Costa. 2009. "Scanning Electron

Microscopy Evaluation of the Hard Tissue Barrier after Pulp Capping with Calcium Hydroxide, Mineral Trioxide Aggregate (MTA) or ProRoot MTA." *Australian Endodontic Journal* 35 (2): 78–84.

Rouhani, Armita, Taraneh Movahhed, Jamileh Ghoddusi, Yones Mohiti, Elham Banihashemi, and Majid Akbari. 2015. "Anterior Traumatic Dental Injuries in East Iranian School Children: Prevalence and Risk Factors." *Iranian Endodontic Journal* 10 (1): 35.

Roux, Thomas. 2012. "La stratification des composites esthétiques. Quelle méthode pour quel résultat?" *L'information dentaire*, 27 edition.

Serfaty, René, Charles Toledano, and Olivier Etienne. 2013. "Facettes En Céramique Collée : Préparations Pragmatiques Mais Toujours a Minima." *LEFILDENTAIRE Magazine Dentaire*. March 16.

Sharmin, David Ditto, and Eapen Thomas. 2013. "Evaluation of the Effect of Storage Medium on Fragment Reattachment." *Dental Traumatology* 29 (2): 99–102.

Simon, Stéphane, and Pierre Machtou Pertot Willy. 2015. *Endodontie - Editions CdP*. Initiatives Sante.

Stellini, E., D. Stomaci, A. Zuccon, E. Bressan, R. Ferro, N. Petrone, L. Favero, and S. Mazzoleni. 2010. "Tooth Fragment Reattachment through the Use of a Nanofilled Composite Resin." *European Journal of Paediatric Dentistry: Official Journal of European Academy of Paediatric Dentistry* 11 (2): 77–81.

Tanomaru-Filho, Mario, Vanessa Morales, Guilherme F. da Silva, Roberta Bosso, José M. S. N. Reis, Marco A. H. Duarte, and Juliane M. Guerreiro-Tanomaru. 2012. "Compressive Strength and Setting Time of MTA and Portland Cement Associated with Different Radiopacifying Agents." *ISRN Dentistry* 2012 (August).

Tinschert, J., G. Natt, W. Mautsch, M. Augthun, and H. Spiekermann. 2001. "Fracture Resistance of Lithium Disilicate-, Alumina-, and Zirconia-Based Three-Unit Fixed Partial Dentures: A Laboratory Study." *ResearchGate* 14 (3): 231–38.

Tirlet, Gil, and Jean-Pierre Attal. 2009. "Le gradient thérapeutique un concept médical pour les traitements esthétiques." *L'information dentaire*, 41/42 edition.

Torabinejad, Mahmoud, and Masoud Parirokh. 2010. "Mineral Trioxide Aggregate: A Comprehensive Literature Review—Part II: Leakage and Biocompatibility Investigations." *Journal of Endodontics* 36 (2): 190–202.

Tziafa, Christina, Eugenia Koliniotou-Koumpia, Serafim Papadimitriou, and Dimitrios Tziafas. 2014. "Dentinogenic Responses after Direct Pulp Capping of Miniature Swine Teeth with Biodentine." *Journal of Endodontics* 40 (12): 1967–71.

Weisrock, Gauthier, Grégory Camaleonte, and Sonia Mansour. 2015. "Alternative À La Couronne Dans Le Secteur Antérieur." *LEFILDENTAIRE Magazine Dentaire*. January 26.

Yan, Ping, Bin Peng, Bing Fan, Mingwen Fan, and Zhuan Bian. 2006. "The Effects of

Sodium Hypochlorite (5.25%), Chlorhexidine (2%), and Glyde File Prep on the Bond Strength of MTA-Dentin." *Journal of Endodontics* 32 (1): 58–60.

Zhou, Hui-min, Ya Shen, Zhe-jun Wang, Li Li, Yu-feng Zheng, Lari Häkkinen, and Markus Haapasalo. 2013. "In Vitro Cytotoxicity Evaluation of a Novel Root Repair Material." *Journal of Endodontics* 39 (4): 478–83.

Zhu, Chenxi, Bin Ju, and Rong Ni. 2015. "Clinical Outcome of Direct Pulp Capping with MTA or Calcium Hydroxide: A Systematic Review and Meta-Analysis." *International Journal of Clinical and Experimental Medicine* 8 (10): 17055.

CHICHE Camille 2016 TOU3 3086

# PRISE EN CHARGE DE LA FRACTURE CORONAIRE DANS LE SECTEUR ANTÉRIEUR

**RÉSUMÉ**: Les traumatismes touchant le secteur antérieur sont fréquents, ils peuvent avoir des conséquences esthétiques, fonctionnelles et psychologiques, leur prise en charge doit donc être adaptée et efficace. Le principe de conservation tissulaire est primordial dans ces thérapies. Une analyse clinique complète, une bonne connaissance des biomatériaux et le respect des protocoles cliniques sont des prérequis nécessaires pour la réalisation de thérapies de conservation de la vitalité pulpaire. Les techniques de restauration de l'esthétique ont évoluées parallèlement avec l'amélioration des propriétés des matériaux, permettant d'avoir un résultat esthétique optimal, qui s'intègre parfaitement à l'organe dentaire.

TITRE EN ANGLAIS: MANAGEMENT OF CROWN FRACTURE IN ANTERIOR REGION

**RÉSUMÉ EN ANGLAIS:** Trauma injuries affecting the anterior region are common, they can have aesthetic, functional and psychological consequences, so their management must be adapted and efficient. The principle of tissue preservation is primary in these therapies. A complete clinical analysis, a good knowledge of biomaterials and compliance with clinical protocols are prerequisites for achieving conservation therapies pulp vitality. Techniques to restore aesthetic have evolved in parallel with the improvement of material properties, allowing an optimal aesthetic result, which fits perfectly to the dental organ.

**DISCIPLINE ADMINISTRATIVE :** Chirurgie Dentaire

MOTS-CLÉS: traumatisme dentaire, coiffage pulpaire, conservation tissulaire, restauration esthétique

## INTITULÉ ET ADRESSE DE L'UFR :

Université Toulouse III – Paul Sabatier Faculté de chirurgie dentaire 3 chemin des Maraîchers 31062 Toulouse Cedex

**DIRECTEUR DE THÈSE**: Docteur Bertrand Bonin