

**UNIVERSITE DE LILLE**

**FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE**

Année de soutenance : 2019

N°:

**THESE POUR LE  
DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE**

Présentée et soutenue publiquement le 17/12/2019

Par Louis LEKIEFFRE

Né le 01 Février 1994 à Lille - France

**LES RCR DIRECTES EN COMPOSITE : ETUDE EXPERIMENTALE  
DE L'IMPACT DE LA TRANSLUCIDITE DU TENON SUR LA  
COULEUR DU COMPOSITE DE RECONSTITUTION**

**JURY**

Président :

Monsieur le Professeur BEHIN

Assesseurs :

Monsieur le Docteur LINEZ

Monsieur le Docteur ROBERT

Monsieur le Docteur BOITELLE

|                                                |   |                 |
|------------------------------------------------|---|-----------------|
| Président de l'Université                      | : | Pr. J-C. CAMART |
| Directeur Général des Services de l'Université | : | P-M. ROBERT     |
| Doyen                                          | : | E. BOCQUET      |
| Vice-Doyen                                     | : | A. de BROUCKER  |
| Responsable des Services                       | : | S. NEDELEC      |
| Responsable de la Scolarité                    | : | M. DROPSIT      |

## **PERSONNEL ENSEIGNANT DE L'U.F.R.**

### **PROFESSEURS DES UNIVERSITES :**

|                      |                                                              |
|----------------------|--------------------------------------------------------------|
| P. BEHIN             | Prothèses                                                    |
| T. COLARD            | Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux                 |
| E. DELCOURT-DEBRUYNE | Professeur Emérite Parodontologie                            |
| <b>C. DELFOSSE</b>   | Responsable du Département d' <b>Odontologie Pédiatrique</b> |
| E. DEVEAUX           | Dentisterie Restauratrice Endodontie                         |

## **MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES**

|                      |                                                                                                                   |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| K. AGOSSA            | Parodontologie                                                                                                    |
| T. BECAVIN           | Dentisterie Restauratrice Endodontie                                                                              |
| A. BLAIZOT           | Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale.                                              |
| P. BOITELLE          | Prothèses                                                                                                         |
| <b>F. BOSCHIN</b>    | Responsable du Département de <b>Parodontologie</b>                                                               |
| <b>E. BOCQUET</b>    | Responsable du Département d' <b>Orthopédie Dento-Faciale</b><br><b>Doyen de la Faculté de Chirurgie Dentaire</b> |
| <b>C. CATTEAU</b>    | Responsable du Département de <b>Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale.</b>         |
| A. de BROUCKER       | Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux                                                                      |
| M. DEHURTEVENT       | Prothèses                                                                                                         |
| T. DELCAMBRE         | Prothèses                                                                                                         |
| F. DESCAMP           | Prothèses                                                                                                         |
| A. GAMBIEZ           | Dentisterie Restauratrice Endodontie                                                                              |
| F. GRAUX             | Prothèses                                                                                                         |
| <b>P. HILDELBERT</b> | Responsable du Département de <b>Dentisterie Restauratrice Endodontie</b>                                         |
| C. LEFEVRE           | Prothèses                                                                                                         |
| J.L. LEGER           | Orthopédie Dento-Faciale                                                                                          |
| M. LINEZ             | Dentisterie Restauratrice Endodontie                                                                              |
| T. MARQUILLIER       | Odontologie Pédiatrique                                                                                           |
| G. MAYER             | Prothèses                                                                                                         |
| <b>L. NAWROCKI</b>   | Responsable du Département de <b>Chirurgie Orale</b><br>Chef du Service d'Odontologie A. Caumartin - CHRU Lille   |
| <b>C. OLEJNIK</b>    | Responsable du Département de <b>Biologie Orale</b>                                                               |
| P. ROCHER            | Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux                                                                      |
| L. ROBBERECHT        | Dentisterie Restauratrice Endodontie                                                                              |
| <b>M. SAVIGNAT</b>   | Responsable du Département des <b>Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux</b>                                |
| T. TRENTESAUX        | Odontologie Pédiatrique                                                                                           |
| <b>J. VANDOMME</b>   | Responsable du Département de <b>Prothèses</b>                                                                    |

### ***Réglementation de présentation du mémoire de Thèse***

Par délibération en date du 29 octobre 1998, le Conseil de la Faculté de Chirurgie Dentaire de l'Université de Lille a décidé que les opinions émises dans le contenu et les dédicaces des mémoires soutenus devant jury doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'ainsi aucune approbation, ni improbation ne leur est donnée.

# REMERCIEMENTS

*Aux membres du jury,*

**Monsieur le Professeur Pascal BEHIN**

**Professeur des Universités – Praticien Hospitalier des CSERD**

*Section Réhabilitation Orale*

*Département Prothèses*

Docteur en Chirurgie Dentaire

Certificat d'Etudes Supérieures de Biomatériaux dentaires (Paris V)

Certificat d'Etudes Supérieures de Prothèse Fixée (Paris V)

Docteur en Odontologie de l'Université Paris DESCARTES (Paris V)

Habilitation à Diriger des Recherches (Université de Lille)

Responsable de l'Unité Fonctionnelle de Prothèses

*Je suis sensible à l'honneur que vous me faites de présider ce jury et  
j'espère qu'il saura retenir votre intérêt. Veuillez trouver ici le témoignage  
de mon profond respect.*

**Monsieur le Docteur Marc LINEZ**

**Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier des CSERD**

*Section Réhabilitation Orale*

*Département Dentisterie Restauratrice Endodontie*

Docteur en Chirurgie Dentaire

Diplôme d'Etudes Approfondies Sciences de la Vie et de la Santé

Maîtrise de Sciences de la Vie et de la Santé

Responsable de l'Unité Fonctionnelle de Dentisterie Restauratrice  
Endodontie

*Merci beaucoup d'avoir accepté de faire partie de ce jury.  
Je vous remercie également pour la qualité de vos cours magistraux qui  
m'ont beaucoup aidé pour ce travail, ainsi que pour votre disponibilité en  
clinique.*

**Monsieur le Docteur Clément ROBERT**

**Assistant Hospitalo-Universitaire des CSERD**

*Section Réhabilitation Orale*

*Département Prothèses*

Docteur en Chirurgie Dentaire

Certificat d'Etudes Supérieurs Universitaire de Prothèse fixée – Marseille

Diplôme Universitaire : Esthétique du Sourire – Strasbourg

Master I de Sciences Biologiques et Médicales

*Merci beaucoup d'avoir accepté de faire partie de ce jury.*

*Vous m'avez énormément appris lors de mes vacations cliniques de prothèse en 5<sup>ème</sup> année, notamment dans la prise en charge du patient sous tous les aspects et par votre pédagogie et vos conseils très constructifs.*

**Monsieur le Docteur Philippe BOITELLE**

**Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier des CSERD**

*Section Réhabilitation Orale*

*Département Prothèses*

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'Université Paris 13, Sorbonne Paris Cité. Spécialité : Mécanique des matériaux.

Master 2 recherche Biologie et Santé, mention Biologie cellulaire et biologie quantitative – Université Lille2

Maîtrise de Sciences Biologiques et Médicales – Université Lille2

CES d'Odontologie Prothétique option Prothèse fixée – Université Paris Descartes

Prix 2006 Annual Scholarship Award for outstanding academic achievements in dentistry – Pierre Fauchard Academy Foundation – New-York – U.S.A

Assesseur à la Formation Continue

*Merci de m'avoir accordé votre confiance pour traiter ce sujet, d'avoir toujours été très disponible, réactif, intéressé et d'avoir pris du temps pour m'accompagner dans ce travail malgré toutes vos obligations. Je vous remercie également pour votre bienveillance dans les moments plus difficiles.*

***Je dédie cette thèse...***



# **Table des matières**

|                                                                             |           |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Introduction .....</b>                                                   | <b>14</b> |
| <b>1. Restauration de la dent dévitalisée .....</b>                         | <b>15</b> |
| 1.1 Caractéristiques de la dent dépulpée .....                              | 15        |
| 1.1.1 Mécaniques .....                                                      | 15        |
| 1.1.2 Esthétiques.....                                                      | 17        |
| 1.2 Solutions à la fragilisation et à la dyschromie .....                   | 18        |
| 1.2.1 Economie tissulaire .....                                             | 18        |
| 1.2.2 Férule dentinaire .....                                               | 19        |
| 1.2.3 Intérêts et indications des reconstitutions corono-radiculaires ..... | 20        |
| 1.2.4 Eclaircissement interne .....                                         | 22        |
| 1.2.5 Influence des tissus mous .....                                       | 23        |
| 1.3 Reconstitutions corono-radiculaires.....                                | 24        |
| 1.3.1 Différents types de reconstitutions corono-radiculaires .....         | 24        |
| 1.3.2 Reconstitutions corono-radiculaires directes vs indirectes.....       | 25        |
| 1.3.2.1 Indications .....                                                   | 25        |
| 1.3.2.2 Considérations mécaniques .....                                     | 26        |
| 1.3.2.3 Considérations biologiques.....                                     | 31        |
| 1.3.2.4 Considérations esthétiques .....                                    | 32        |
| 1.3.3 Reconstitutions par matériau inséré en phase plastique .....          | 33        |
| 1.3.3.1 Historique .....                                                    | 33        |
| 1.3.3.2 Choix du tenon .....                                                | 34        |
| 1.3.3.3 Mise en place .....                                                 | 35        |
| 1.3.3.4 Composition.....                                                    | 35        |
| 1.3.3.5 Tenons en fibres de quartz .....                                    | 37        |
| 1.3.3.6 Tenons en fibres de verre .....                                     | 37        |
| 1.3.3.7 Tenons en fibres de carbone.....                                    | 37        |
| 1.3.3.8 Tenons en zircone .....                                             | 38        |
| 1.3.3.9 Cas particulier des tenons fasciculés.....                          | 38        |
| 1.3.3.10 Composite de reconstitution .....                                  | 38        |
| 1.3.3.11 Système adhésif .....                                              | 39        |
| 1.3.3.12 Radio-opacité .....                                                | 40        |
| <b>2. Propriétés optiques de la dent naturelle.....</b>                     | <b>41</b> |
| 2.1 Propriétés physiques de la lumière.....                                 | 41        |

|           |                                                                                      |           |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.1.1     | Interactions lumineuses.....                                                         | 41        |
| 2.1.2     | Phénomènes optiques de perception des couleurs .....                                 | 42        |
| 2.1.3     | Matériau chromatique translucide.....                                                | 43        |
| 2.2       | Structure de la dent naturelle.....                                                  | 44        |
| 2.2.1     | Structure et propriétés optiques de l'émail.....                                     | 45        |
| 2.2.2     | Structure et propriétés optiques de la dentine .....                                 | 46        |
| 2.2.3     | Changement des propriétés optiques avec le vieillissement.....                       | 46        |
| 2.3       | Couleur de la dent naturelle.....                                                    | 47        |
| 2.3.1     | Analyse de la couleur .....                                                          | 47        |
| 2.3.2     | Mesure de la couleur .....                                                           | 51        |
| <b>3.</b> | <b>Propriétés optiques des matériaux de reconstitution .....</b>                     | <b>54</b> |
| 3.1       | Propriétés optiques des résines composites.....                                      | 54        |
| 3.1.1     | Influence de la composition .....                                                    | 54        |
| 3.1.2     | Choix du composite .....                                                             | 55        |
| 3.1.3     | Translucidité et épaisseur de la résine .....                                        | 55        |
| 3.1.4     | Polissage des résines composites :.....                                              | 57        |
| 3.1.5     | Influence de la polymérisation : .....                                               | 57        |
| 3.2       | Propriétés optiques de la reconstitution prothétique.....                            | 58        |
| 3.2.1     | Propriétés optiques des couronnes céramo-métalliques (CCM) .....                     | 58        |
| 3.2.2     | Propriétés optiques des couronnes céramo-céramiques (CCC).....                       | 60        |
| <b>4.</b> | <b>Etude de l'impact de la translucidité du tenon sur la couleur de la RMIPP ...</b> | <b>65</b> |
| 4.1       | Introduction.....                                                                    | 65        |
| 4.2       | Matériel et méthode .....                                                            | 68        |
| 4.2.1     | Préparation des échantillons .....                                                   | 68        |
| 4.2.2     | Photographies des échantillons.....                                                  | 72        |
| 4.2.2.1   | Exactitude et répétabilité des mesures de la couleur .....                           | 72        |
| 4.2.2.2   | Réalisation des clichés .....                                                        | 73        |
| 4.2.3     | Analyse des photographies et mesure de la couleur des échantillons ..                | 77        |
| 4.3       | Résultats .....                                                                      | 79        |
| 4.4       | Discussions .....                                                                    | 83        |
| 4.5       | Conclusion.....                                                                      | 85        |
|           | <b>Conclusion générale .....</b>                                                     | <b>86</b> |
|           | <b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>                                              | <b>87</b> |
|           | <b>ANNEXE .....</b>                                                                  | <b>92</b> |
|           | <b>LEXIQUE DES ABREVIATIONS .....</b>                                                | <b>94</b> |
|           | <b>TABLE DES ILLUSTRATIONS .....</b>                                                 | <b>95</b> |

# Introduction

La dent dévitalisée présente des caractéristiques mécaniques et esthétiques diminuées. Le principal facteur de l'augmentation du risque de fracture est la perte tissulaire induite par la carie et ses thérapeutiques.

Il convient donc que le principe d'économie tissulaire et de gradient thérapeutique guide notre réflexion. Il faut privilégier la réalisation de restaurations partielles collées qui sont moins mutilantes que les préparations périphériques.

Cependant, lorsque la dent dévitalisée présente une perte tissulaire trop importante, le recours à un ancrage corono-radicaire s'avère nécessaire. Avec l'avènement de la dentisterie adhésive, des solutions plus respectueuses de l'organe dentaire que les inlay-cores sont disponibles. Les reconstitutions par matériau inséré en phase plastique (RMIPP) avec tenon fibré ont un comportement mécanique et biologique beaucoup plus proches de la dent naturelle, permettent une réintervention facilitée et répondent aux principes d'économie tissulaire. Leur module d'élasticité est proche de celui de la dentine ce qui engage moins facilement le pronostic de conservation lors d'une fracture, en comparaison aux inlay-cores trop rigides.

De plus les RMIPP avec tenon fibré offrent un bénéfice esthétique largement établi, grâce à une transmission lumineuse augmentée par rapport aux reconstitutions corono-radicales (RCR) coulées.

De nouveaux tenons fibrés translucides sont récemment apparus sur le marché en revendiquant un gain esthétique par rapport aux tenons fibrés opaques. L'étude de Alves Morgan *et coll.* [1] a prouvé que la translucidité de ces tenons a une influence bénéfique sur l'adhésion de la reconstitution, même en présence d'une résine à prise auto et photopolymérisable.

Mais aucune étude n'a évalué l'impact de la translucidité du tenon sur l'esthétique de la restauration.

Ainsi, l'objectif de l'étude décrite dans cette thèse est d'évaluer si la translucidité de ces tenons fibrés a une influence sur la couleur de la RCR et donc potentiellement sur la couronne céramo-céramique.

# **1. Restauration de la dent dévitalisée**

La reconstitution de la dent dévitalisée consiste à restaurer les propriétés mécaniques, biologiques et esthétiques de la dent vitale. Une nouvelle colonisation bactérienne de l'endodonte doit être évitée par une reconstitution totalement hermétique [2].

## **1.1 Caractéristiques de la dent dépulpée**

### **1.1.1 Mécaniques**

#### **1. Fragilisation de la structure dentaire :**

Le principal facteur de l'augmentation du risque de fracture de la dent dévitalisée est la perte de substance dentaire induite par une carie ou une fracture et leurs thérapeutiques [2-3-4].

Il existe une relation directe entre la structure dentaire restante et la résistance à la fracture. On considère qu'il y a une perte de résistance de 5 % lors de la réalisation d'une simple cavité d'accès, de 20 % lors de la réalisation d'une cavité occlusale plus étendue, de 44 % lors de la perte d'une crête marginale et de 63 % lors de la perte des deux crêtes marginales [2]. La perte des crêtes marginales augmente grandement l'effondrement de la résistance mécanique de toute la dent (Fig. 1).

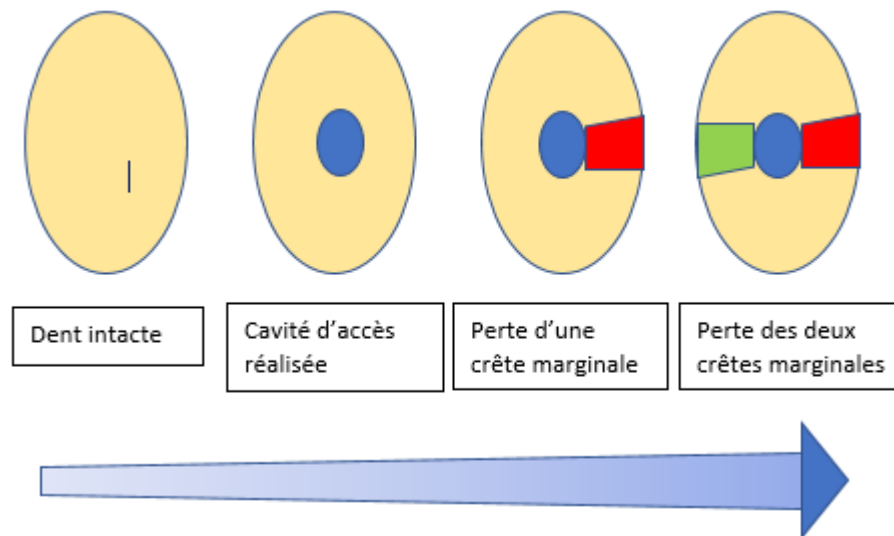


Figure 1 : schéma illustrant l'augmentation du risque de fracture en fonction de la perte tissulaire corono-radriculaire d'après Meyenberg [2]

D'autres facteurs liés aux procédures endodontiques augmentent le risque de fracture [2] :

- perte de substance induite par les étapes cliniques comme la préparation de la cavité d'accès ou l'élargissement canalaire,
- déshydratation de la lumière canalaire et des tubulis dentinaires,
- effets affaiblissants des irrigants comme NaOCl et EDTA et des médications temporaires comme CaOH<sub>2</sub>,
- réduction du niveau de proprioception qui entraîne une moins bonne maîtrise des forces par les mécanismes d'inhibition.

On peut améliorer le pronostic de ces dents en influençant ces facteurs, par exemple en augmentant l'économie tissulaire et en éliminant au maximum les produits d'irrigation [2].

La dentine d'une dent vivante possède une meilleure capacité à limiter la progression de fissure et de fragilisation de la dent, et une meilleure répartition des contraintes. La dent vivante perd de sa résistance initiale au cours de sa vie [2].

## 2. Exigences fonctionnelles et risque de fracture :

La répartition des forces est très différente selon la localisation dentaire.

Chan *et coll.* ont conclu de leur étude que l'incidence des fractures serait deux fois plus élevée chez les 1<sup>re</sup> molaires mandibulaires que chez les 1<sup>re</sup> molaires maxillaires du fait de la force masticatoire [5].

Selon Tamse *et coll.* les fractures longitudinales des racines sont observées plus couramment pour les racines ayant une dimension mésio-distale étroite comme les prémolaires maxillaires [6]. Les dents antérieures seraient les moins sensibles aux fractures verticales. En effet, l'orientation des forces est parallèle à l'axe des dents postérieures alors qu'elle est perpendiculaire à l'axe des dents antérieures avec des mouvements latéraux et de cisaillement de la mandibule [5,7].

### **1.1.2 Esthétiques**

En plus de la diminution des propriétés mécaniques, la dent dévitalisée est souvent compromise esthétiquement. Il s'agit d'un véritable défi d'essayer de retrouver une apparence naturelle et durable dans le temps pour répondre à la demande du patient [2].

On observe une décoloration :

- de la couronne clinique,
- de la région cervicale,
- des tissus mous.

Plusieurs facteurs peuvent être à l'origine de ces décolorations intrinsèques :

- Age du patient
- Hémorragie intra pulpaire
- Nécrose pulpaire
- Élimination incomplète des tissus pulpaire pendant le traitement endodontique

- Persistance ou présence d'irrigants, de médicaments temporaires, et de matériaux d'obturation (zone cervicale et radiculaire). Presque tous les ciments d'obturation, notamment ceux à base d'oxyde de zinc-eugénol entraînent une décoloration, surtout dans la zone cervicale. Par exemple, le MTA serait aussi mis en cause et conduirait à un aspect grisâtre et un assombrissement de la racine.
- Matériaux de restauration (zone cervicale et coronaire)
- Fuites coronaires
- Sclérose dentinaire : le processus de calcification de la dentine par oblitération des tubules dentinaires et modification de la teneur en eau contribue à une altération de l'aspect optique, en plus d'une fragilisation accrue.

Même si certains de ces facteurs peuvent être corrigés, une dent dévitalisée perd inévitablement certaines qualités esthétiques notamment sa couleur.

Remplacer la dentine décolorée n'est pas une solution à privilégier. On préférera dans la mesure du possible réaliser un éclaircissement interne. Beaucoup de décolorations peuvent être traitées excepté celles causées par des ions métalliques (amalgame, argent, matériaux contenant des métaux lourds). La seule indication pour remplacer la dentine décolorée est : si de petites taches qui ne contribuent pas à la résistance structurelle de la dent sont fortement décolorées et ne répondent pas à la procédure d'éclaircissement [2].

## **1.2 Solutions à la fragilisation et à la dyschromie**

### **1.2.1 Economie tissulaire**

Le principe d'économie tissulaire et de gradient thérapeutique doit guider notre réflexion quant à la restauration de la dent dépulpée. La réalisation d'une reconstitution corono-radiculaire (RCR) et d'une couronne périphérique reste trop systématique. Les données de la littérature concernant la dent dépulpée et les progrès de la dentisterie adhésive privilégient la réalisation de restaurations partielles collées quand la structure

dentaire restante est suffisante. Elles sont moins mutilantes que les préparations périphériques et facilitent les réinterventions [4,8].

Le remplacement d'une restauration défectueuse entraîne la dent dans un « cycle de mort réparateur ». Une nouvelle restauration plus invasive va être réalisée jusqu'au jour où elle échouera de nouveau et ainsi de suite, augmentant le risque de complications. D'où l'intérêt d'intervenir à minima sur la dent pour retarder ce cycle [9].

### 1.2.2 Férule dentinaire

Dans le cas où la réalisation d'une couronne périphérique est nécessaire pour compenser la perte de structure et augmenter le succès à long terme de la reconstitution, la présence d'une férule dentinaire est le moyen le plus efficace [7].

La férule dentinaire est définie comme la hauteur de structure dentaire qui différencie la limite cervicale de la reconstitution prothétique et la jonction entre la RCR et la dent (Fig. 2) [10].

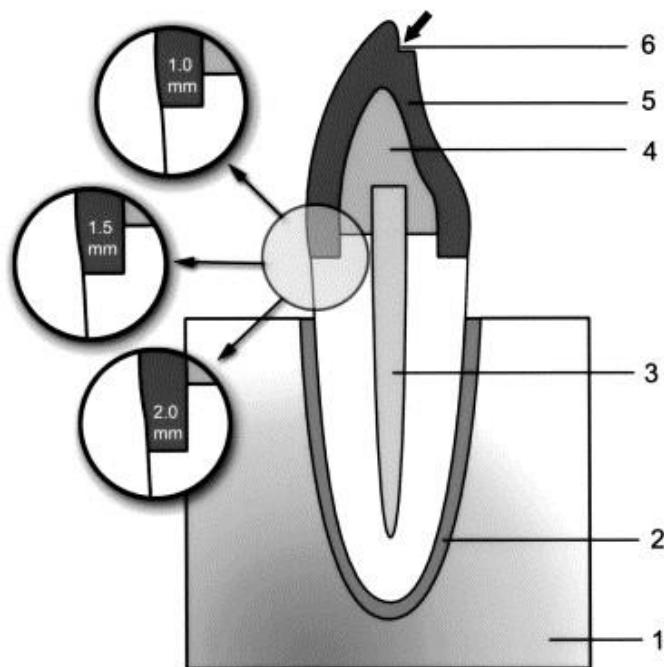


Figure 2 : schéma d'une dent reconstituée par une RCR et une couronne avec différentes hauteurs de férule dentinaire (1 : os alvéolaire ; 2 : ligament parodontal ; 3 : tenon de la RCR ; 4 : « corps » de la RCR ; 5 : reconstitution prothétique ; 6 : force exercée) [10]

Elle permet une meilleure répartition des forces, une stabilité augmentée, une meilleure résistance à la rotation et améliore la longévité [2].

Ausiello *et coll.* ont démontré que la présence d'une férule pouvait réduire les contraintes maximales de traction jusqu'à 20 fois dans la racine [10].

Il n'existe pas de consensus quant à la hauteur précise de dentine pour la réalisation de la férule mais la présence d'une férule de 1,5/2 mm est recommandée [11]. Akkayan [12] préconise une hauteur de 2mm qui a significativement diminué le risque de fracture dans son étude. La hauteur de la férule a influencé la localisation de la fracture, puisqu'il a démontré que plus la hauteur était importante, plus la fracture était localisée coronairement et donc améliorait le pronostic de conservation.

Pour la fournir dans certains cas où les parois dentinaires sont très réduites, le praticien peut être amené à réaliser une traction orthodontique ou une chirurgie d'élongation coronaire.

### **1.2.3 Intérêts et indications des reconstitutions corono-radiculaires**

Le concept de biomimétisme n'inclut pas seulement de remplacer les structures dentaires par des matériaux avec les mêmes propriétés que l'émail et la dentine, mais d'utiliser parfois des matériaux avec des propriétés différentes pour restaurer la dent dans ses aspects mécaniques, biologiques et esthétiques pour compenser la perte de substance [2].

Pour la restauration d'une dent dévitalisée le praticien doit se poser la question de l'utilisation d'une RCR. Pour répondre à cette question, des facteurs comme la structure dentaire restante et les exigences fonctionnelles semblent être les plus importants à prendre en compte [7].

Lorsqu'une préparation périphérique est nécessaire mais qu'elle conserve une surface développée d'émail favorable à l'adhésion de la coiffe tout en gardant une surface axiale capable de résister aux forces obliques du guidage antérieur, le recours à un ancrage corono-radiculaire s'avère superflu. La férule peut être considérée comme un « tenon » naturel très efficace [8-9].

Mais lorsque la perte de substance est trop importante, la réalisation d'une RCR peut s'avérer nécessaire.

Une RCR est une restauration qui intéresse à la fois la partie coronaire et la partie radiculaire de la dent. La littérature montre que les RCR n'augmentent pas la résistance à la fracture des dents dévitalisées et dans certains cas peuvent même la diminuer par une préparation canalaire trop importante [2]. L'utilisation d'un tenon pour une RCR est indiquée essentiellement pour améliorer la rétention. Il augmente aussi la résistance intrinsèque de la RCR, les propriétés mécaniques du « corps » en composite ne seraient pas suffisantes dans le cas de canal fin sans tenon [13-14].

Si les dents antérieures et les prémolaires présentent une perte de structure nécessitant la pose d'une couronne et la réalisation d'une RCR, le tenon est indispensable pour un transfert adéquat des forces dans la racine et pour réduire les contraintes élevées dans la région cervicale qui pourrait être exposée au risque de fractures horizontales [2].

Elle permet :

- de restaurer la perte de substance due à un traumatisme ou une lésion carieuse et leurs thérapeutiques,
- de préserver les tissus dentaires résiduels,
- d'assurer l'étanchéité de l'obturation canalaire,
- d'assurer la rétention de la prothèse sus jacente,
- une répartition équilibrée des contraintes subies par la restauration prothétique et transmises aux tissus coronaires et radiculaires restants,
- assure la pérennité de la dent sur l'arcade sur le plan biologique et structurel,
- renforcement de la cohésion corono-radiculaire.

### **1.2.4 Eclaircissement interne**

L'éclaircissement interne permet de traiter les dyschromies de la dent dévitalisée de manière très efficace. En effet, les thérapeutiques visant à « masquer » ces décolorations entraînent irrémédiablement une opacité accrue. Ces structures sont recouvertes d'un agent réfléchissant la lumière ambiante donnant un reflet diffus non naturel de la dent. Les recommandations privilégient l'éclaircissement interne.

#### **Résorption cervicale :**

Cependant, l'éclaircissement interne est une thérapeutique pouvant provoquer une résorption cervicale dont les traitements ont un pronostic très réservé. Mais il semblerait que ces cas défavorables se produisent lorsque de fortes concentrations de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> combinées à de la chaleur ont été utilisées. La présence de défauts au niveau de la jonction émail-cément aurait aussi un rôle majeur dans la résorption permettant à l'agent d'éclaircissement de pénétrer dans l'espace parodontal [2].

#### **Impact sur les propriétés mécaniques :**

Les études de Vieira *et coll.* et De Oliveira *et coll.* [15-16] ont montré que les produits d'éclaircissements affaiblissaient la substance dentaire, en plus du traitement endodontique qui fragilise la dent par la préparation et l'utilisation d'irrigants. Des précautions supplémentaires doivent être prises lors de la procédure d'éclaircissement :

- Le retrait interne de la dentine décolorée doit être évité car il n'y a aucun apport de bénéfice esthétique et induit une baisse de la résistance mécanique.
- Les agents d'éclaircissement provoqueraient une modification chimique de la dentine et un affaiblissement de la structure dentaire. L'association de perborate de sodium et de l'eau induirait une ouverture des tubules dentinaires significativement plus faible par rapport aux autres agents d'éclaircissement.

- Les produits utilisés ont un impact sur les propriétés de collage de la dentine, ce qui pourrait nuire au collage de la RMIPP et à la résistance à la fracture de la dent. Pour neutraliser cet effet l'utilisation d'antioxydant a été préconisée. Mais retarder la procédure de collage à 10 jours après avoir éliminé l'agent d'éclaircissement est une alternative aux antioxydants à condition que l'agent d'éclaircissement ne soit pas trop apical dans la racine. Il faut trouver un bon compromis entre les exigences assez strictes du collage et la demande esthétique lors de l'éclaircissement. Il semblerait que laisser les produits d'éclaircissements assez coronairement, au niveau de la cavité d'accès, soit un bon compromis [2].

### **Recommandations :**

Les recommandations actuelles sont donc de ne pas chauffer l'agent d'éclaircissement, d'utiliser des produits moins agressifs au lieu de fortes concentrations d'H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> et d'attendre 10 jours avant de procéder au protocole de collage. Le succès dépend en grande partie de la durée d'application de l'agent [2].

## **1.2.5 Influence des tissus mous**

Le concept d'illumination de Meyenberg repose sur le principe que les structures dentaires (couronne et racine) et les tissus environnants (parodonte (gencive et os alvéolaire) et lèvre) sont une unité optique [2]. La lumière ambiante interagit avec chacun de ces éléments. La lumière est transmise par réflexion à travers ces tissus. On peut donc imaginer qu'une décoloration de la racine ou que l'utilisation de reconstitutions opaques viendront perturber cette unité optique.

Les tissus parodontaux vont avoir un effet masquant sur la racine décolorée avec la gencive qui recouvre la partie cervicale et en fonction de l'épaisseur de l'os [2].

Une étude en implantologie a comparé l'influence de divers matériaux (utilisés comme pilier) comme la zircone, l'or et le titane sur la couleur du parodonte. Les résultats montrent qu'en dessous de 2 mm d'épaisseur de parodonte une différence était visible entre ces matériaux [17].

Des résultats similaires peuvent être imaginés dans le cas des racines dyschromiées ou restaurées avec des éléments métalliques. La quantité de tissus kératinisés et conjonctifs aurait une plus grande influence que l'épaisseur de la gencive marginale sur le résultat esthétique. Une greffe de tissu conjonctif issu du palais pourrait être une solution pour masquer une éventuelle décoloration de la racine [2].

## **1.3 Reconstitutions corono-radiculaires**

Pour restaurer la dent dévitalisée, il existe de nombreuses RCR avec des techniques de réalisation, des matériaux et des propriétés différentes [7,14].

### **1.3.1 Différents types de reconstitutions corono-radiculaires**

- RCR directes (ou RCR foulées, ou RMIPP) : utilisent des matériaux insérés en phase plastique (composite ou amalgame), avec un tenon métallique (ex : screw post) ou fibré (fibre verre, quartz, carbone), ou plusieurs micro-tenons (tenons fasciculés), réalisable en 1 temps au cabinet.
- RCR indirectes (ou RCR coulées) : réalisées en 2 temps avec une étape de laboratoire. Elles sont métalliques (alliages précieux ou non précieux), céramiques (zircone). Il existe aussi des RCR indirectes en composite.

La dentisterie contemporaine bénéficie de l'apport de matériaux non métalliques dont les performances des propriétés mécaniques sont remarquables. Les reconstitutions par matériaux incorporés en phase plastique en composite ou les RCR en zircone sont aujourd'hui les plus indiquées. Toutefois, pour ces dernières, elles restent très rigides et très difficiles à déposer [13,18].

Cependant, les RCR métalliques indirectes restent irremplaçables dans certains cas de délabrement trop important. On dispose d'un grand recul clinique pour ces reconstitutions. Elles ont démontré leurs bonnes propriétés mécaniques, et leur réalisation est simple, ce qui fait qu'elles sont encore fréquemment utilisées.

## 1.3.2 Reconstitutions corono-radicales directes vs indirectes

### 1.3.2.1 Indications

Les techniques adhésives sont très efficaces mais dans certains cas les parois restantes sont trop diminuées pour espérer une bonne adhésion. Dans le secteur antérieur, cela est encore plus marqué puisque la quantité de dentine concernée par l'adhésion est plus faible que sur les molaires par exemple [13].

Le « consensus actuel » de l'indication d'une RCR directe/indirecte repose très souvent sur l'analyse du délabrement coronaire et du nombre de parois restantes après préparation périphérique (tableau 1).

Tableau 1 : indication d'une RCR directe ou d'une RCR indirecte en fonction du nombre de parois, de leur hauteur et de leur épaisseur [13]

|                             |        |            |             |
|-----------------------------|--------|------------|-------------|
|                             |        |            | RCR directe |
| <b>Nombre de parois</b>     | 4-3    | 2          | 1-0         |
| <b>Hauteur des parois</b>   | Totale | 2/3        | 1/3-0       |
| <b>Epaisseur des parois</b> | 1,5 mm | 1,5>x>1 mm |             |

RCR indirecte

#### 1. Nombre de parois :

La persistance de 2 ou 3 parois résiduelles est nécessaire pour la réalisation d'une RCR directe collée puisqu'une de ses faiblesses réside dans les propriétés mécaniques du composite de reconstitution.

## 2. Épaisseur des parois :

Une épaisseur minimale de 1,5 mm permet une surface de collage suffisante pour la réalisation d'une RCR directe collée.

## 3. Hauteur des parois :

Elles doivent mesurer 2/3 de la hauteur totale.

## 4. Férule dentinaire :

Une férule dentinaire de 1,5/2 mm assure une étanchéité cervicale et une répartition des forces suffisante pour la réalisation d'une RCR directe collée, si elle fait moins de 1,5/2 mm cela devient une contre-indication pour la réalisation de celle-ci.

## 5. Limite cervicale de préparation :

Un autre critère à prendre en compte est la limite cervicale de préparation. La RCR directe collée peut devenir contre-indiquée si la pose du champ opératoire n'est pas possible en raison d'une limite sous gingivale, ce qui est un impératif pour respecter le protocole de collage.

### **1.3.2.2 Considérations mécaniques**

Un des principes des RMIPP est de substituer des tenons corrodables et trop rigides par des tenons constitués de fibres, qui allient une bonne résistance mécanique et un module d'élasticité beaucoup plus proche de celui de la dentine (tableau 2). On associe à ces tenons des composites spécifiques dont les propriétés viscoélastiques permettent de bénéficier des avantages des techniques adhésives assurant étanchéité des interfaces et rétention [14].

Tableau 2 : propriétés mécaniques des tissus dentaires, des alliages utilisés en prothèse fixée et des tenons fibrés [13]

| Matériaux                         |       | Dureté (Vickers) | Module d'élasticité (GPa) | Résistance à la flexion (MPa) |
|-----------------------------------|-------|------------------|---------------------------|-------------------------------|
| <b>Email</b>                      |       | 240-440          | 84                        | -                             |
| <b>Dentine</b>                    |       | 50-87            | 18                        | -                             |
| <b>Or</b>                         |       | 40-230           | 90-117                    | 286-790                       |
| <b>Alliages non précieux</b>      | Ni-Cr | 210-380          | 150-210                   | 400-800 limite de rupture     |
|                                   | Co-Cr | 330-465          | 145-220                   |                               |
| <b>Tenons en fibres de quartz</b> |       | -                | 18-50                     | 1400-1800                     |

- **Module d'élasticité et répartition des forces**

Le module d'élasticité définit la rigidité d'un matériau, plus il est faible plus le matériau se déforme sous la contrainte et moins il est rigide et contraignant pour les structures environnantes.

La similitude entre le module d'élasticité de la RMIPP et celui de la dentine radiculaire joue un rôle déterminant dans la bonne diffusion des contraintes. Il est important que ce module d'élasticité soit accompagné d'un coefficient transversal et un module de cisaillement bas. Le matériau de reconstitution remplaçant la structure dentaire doit s'approcher le plus possible des propriétés physico-mécaniques de la dentine pour une longévité accrue [14].

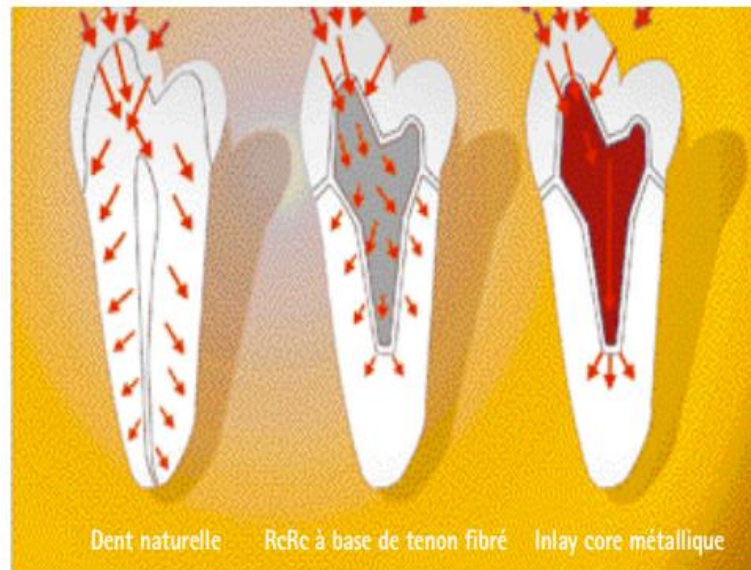


Figure 3 : schémas de la répartition des forces entre la dent naturelle, une RCR collée avec un tenon fibré et un inlay-core métallique [14]

La répartition des forces pour une RCR collée est bien plus proche de celle de la dent naturelle que pour l'inlay-core. Les propriétés mécaniques des tenons fibrés ainsi que le collage permettent une distribution des forces le long de la racine, alors que l'inlay-core concentre la majorité des forces à son extrémité (Fig. 3).

La direction des forces est un critère important à prendre en compte pour l'indication d'une RCR, puisque pour les dents antérieures les forces sont majoritairement obliques alors que pour les dents postérieures plutôt verticales.

Avec une force verticale la contrainte sous un tenon fibré est nettement inférieure à un tenon métallique, mais avec l'inclinaison des forces les contraintes à l'extrémité tendent à s'égaliser comme détaillé dans le tableau 3.

Tableau 3 : tableau représentant les valeurs des contraintes sous l'extrémité d'un tenon en fonction de l'orientation des forces [14]

| Valeurs des contraintes sous l'extrémité d'un tenon |                       |                        |                        |
|-----------------------------------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
|                                                     | Force à 0°<br>(mN/mm) | Force à 30°<br>(mN/MM) | Force à 45°<br>(mN/mm) |
| <b>Tenon fibré</b>                                  | 1,2 <sup>e</sup> 4    | 2,7 <sup>e</sup> 4     | 3,7 <sup>e</sup> 4     |
| <b>Tenon Ni-Cr</b>                                  | 2,1 <sup>e</sup> 4    | 3,4 <sup>e</sup> 4     | 4,2 <sup>e</sup> 4     |

- **Risque de fractures**

D'après l'étude d'Akkayan et Gulmez [19] les RCR coulées n'ont pas un taux de fracture plus élevé que les RMIPP mais la localisation de celle-ci est plus apicale engageant ainsi le pronostic de conservation.

Les échecs observés pour les RMIPP seraient plus souvent liés à des fractures cohésives et adhésives qu'à des fractures radiculaires ce qui permettrait de réaliser une nouvelle reconstitution. Pour les RCR coulées la fracture radiculaire indiquerait souvent l'avulsion de la racine résiduelle [20].

La grande rigidité des RCR coulées transfère les forces le long de leur grand axe et crée un effet de coin sur la structure dentaire. A l'inverse, les RMIPP présentant un module d'élasticité proche de la dentine, permettent une répartition des charges mécaniques sur l'ensemble de la racine [14].

- **Collage/Scellement**

Le collage d'une RMIPP lui confère une meilleure répartition des forces, ainsi qu'une meilleure biocompatibilité et résistance à la corrosion par rapport au scellement d'inlay-core. Pour optimiser le collage, l'utilisation d'un composite dual augmente la rétention, la charge de rupture et réduit les micro-fuites.

- **Economie tissulaire**

Les RMIPP répondent aux principes d'économie tissulaire. Cette technique ne nécessite aucune préparation mutilante puisqu'elles conservent les parois de dentine fines et les contre-dépouilles pour permettre une rétention supplémentaire par une surface de collage plus importante. Alors que la préparation pour une RCR indirecte nécessite d'éliminer toutes les contre-dépouilles afin de permettre son insertion.

- **Étanchéité coronaire**

La réalisation d'une RCR directe se fait en une seule étape après le traitement endodontique. La maîtrise de l'étanchéité est totale, diminuant ainsi le risque de contamination bactérienne par rapport à une RCR indirecte.

- **Tenon ajusté/tenon passif**

Les tenons fibrés présentent, selon l'orientation des forces, une rigidité variable du fait de leur anisotropie. Une orientation des forces de 30° par rapport à l'axe du tenon correspond à un comportement voisin de celui de la dentine. Mais pour les forces axiales le tenon les transmet presque en totalité à la dentine radiculaire. C'est pour cette raison qu'il est préférable que le tenon ne soit pas ajusté mais plutôt « noyé » dans le composite de collage, pour qu'il n'y ait pas de contact direct entre le tenon et les parois radiculaires, et donc une meilleure répartition des forces. On évite ainsi les reproches que l'on peut faire aux inlay-core [14].

- **Contexte occlusal**

L'analyse du contexte occlusal est un critère de choix du type de RCR. Un contexte favorable est défini par une position d'intercuspidie maximale stable, une protection de groupe en latéralité et l'absence de parafunctions.

Un contexte défavorable est défini par une position d'intercuspidie maximale instable, une protection canine en latéralité et l'existence de parafunctions [4].

Le choix s'orientera plus facilement vers la réalisation d'une RCR indirecte si le contexte occlusal est défavorable.

- **Contexte prothétique particulier**

Lors d'une réhabilitation prothétique associant à la prothèse fixée un dispositif de prothèse amovible, il est préférable de réaliser des couronnes fraisées avec des RCR indirectes supportant mieux les forces transmises par les crochets de la prothèse amovible.

Avec une prothèse plurale, l'obtention d'un parallélisme entre les piliers du bridge n'est pas toujours aisée.

Faces à ces 2 situations quand une RCR est indispensable, l'utilisation d'un inlay-core métallique permet [13] :

- de résister aux forces non axiales,
- de réaliser des couronnes céramo-métalliques à morphologie adaptée
- d'obtenir le parallélisme des piliers plus facilement par le laboratoire.

### **1.3.2.3 Considérations biologiques**

Les tenons fibrés présentent un meilleur comportement biologique que les tenons métalliques. Le risque de corrosion, qui a d'ailleurs été mis en cause dans le risque de fracture radiculaire, ou d'allergie, est diminué [21].

Le collage de ces tenons procure une meilleure étanchéité qu'un scellement d'une RCR indirecte grâce à la formation d'une couche hybride [21].

#### 1.3.2.4 Considérations esthétiques

Avec le développement des céramiques et de la demande esthétique, les couronnes céramo-céramiques sont devenues les solutions de choix. Leurs propriétés optiques permettent une transmission lumineuse augmentée et laisse transparaître le substrat sous-jacent [14].

L'utilisation d'une RCR métallique peut entraîner une apparence grisâtre au niveau de la gencive causée par une réflexion lumineuse trop importante et un manque de transmission lumineuse de la partie coronaire à la racine et aux tissus parodontaux [14,22]. Des techniques existent pour essayer de minimiser leur impact négatif sur la couleur de la reconstitution mais ne sont pas très efficaces.

Les RCR sous couronnes céramo-céramiques ne doivent pas perturber le trajet lumineux lors d'une restauration à visée biomimétique. On fait donc appel à des matériaux aux propriétés optiques proches de celles des dents naturelles.

Les RCR esthétiques sont apparues dans les années 90 avec les 1<sup>ers</sup> tenons fibrés et les RCR en zircone en 95. Elles ont été développées avec comme argument [2] :

- qu'elles illuminaient la racine et la zone cervicale de la dent et éclairaient ainsi la racine foncée,
- pour éviter l'assombrissement d'un tenon métallique sur une racine non décolorée,
- pour créer une unité de couleur de la dent en formant un noyau.

D'après l'étude de Sailer *et coll.* [23] il n'y a pas de différence de couleur de la racine lorsque la dent est reconstituée par un tenon métallique et un tenon « clair ». Mais une différence significative de la couleur du composite de reconstitution a été observée, et les tenons « clairs » offrent un bénéfice esthétique à la couleur finale de la couronne céramo-céramique.

Malgré tous ces avantages, décrits en faveur des RMIPP, le résultat est très opérateur dépendant et le protocole très strict. Dans certains cas où la pose du champ opératoire est impossible les RCR coulées gardent leur indication.

### **1.3.3 Reconstitutions par matériau inséré en phase plastique**

Les tenons fibrés des RMIPP peuvent être de différents matériaux : en fibres de quartz, en fibres de verre, en fibres de carbone. Les tenons en fibres de carbone de couleur foncée risquent de compromettre le résultat esthétique. Ils ne sont donc pas recommandés [21,24].

#### **1.3.3.1 Historique**

Le 1<sup>er</sup> tenon fibré a été introduit en 1989 et commercialisé sous le nom de composipost par RTD®. Il était constitué de fibres de carbone. L'introduction de ces nouveaux tenons a révolutionné la dentisterie en offrant une alternative fiable aux tenons métalliques, grâce à leurs propriétés mécaniques beaucoup plus proches de celles de la dentine [25]. Au cours des années suivantes, ils ont gagné en popularité en raison de leur facilité de manipulation, leurs propriétés mécaniques, esthétiques et leur facilité de dépose.

Malgré cela, ces tenons gardaient certains inconvénients comme la radio transparence et une esthétique très limitée sous couronnes céramo-céramiques empêchant de les classer comme tenons esthétiques [18].

Des tenons radio-opaques et plus esthétiques ont ensuite été introduits, composés de fibres de quartz et de verre incorporées dans une matrice à base de résine. Ils sont blancs ou translucides et ont une résistance élevée à la traction, une faible conductivité électrique, une résistance à la solubilité et à la dégradation biochimique.

### 1.3.3.2 Choix du tenon

- La longueur : les tenons longs assurent une meilleure répartition des contraintes, et une diminution des contraintes de traction, de compression et de cisaillement [14].
- Le diamètre : un petit diamètre préserve un maximum de dentine et une meilleure prise en charge des contraintes. L'augmentation du diamètre augmente les risques de fracture radiculaire et n'augmente pas la rétention. Il ne doit pas dépasser le tiers de la largeur de la racine avec une épaisseur de dentine d'au moins 1 mm autour de lui [14].
- La forme (Fig. 4) :
  - cylindrique : assure une excellente rétention, mais leur insertion impose un alésage canalaire important au niveau apical ce qui majore le risque de fracture ou fêlure. Ce type de tenon provoque un effet de coin en concentrant les forces sur sa partie apicale. Ce qui en fait un tenon non indiqué en 1<sup>re</sup> intention [14].
  - conique : rétention moins importante, mais préparation diminuée au niveau apical en faveur de la préservation tissulaire et de la diminution du risque de fracture. Mais la conicité au niveau cervical entraîne une fragilisation de cette zone [14].
  - cylindro-conique : associe les avantages des deux autres formes de tenon : une bonne rétention par la partie cylindrique, une moindre fragilisation des parois radiculaires et une bonne répartition des contraintes par sa conicité apicale. C'est la forme recommandée car elle épouse mieux la forme de la racine et limite l'effet de coin [14].

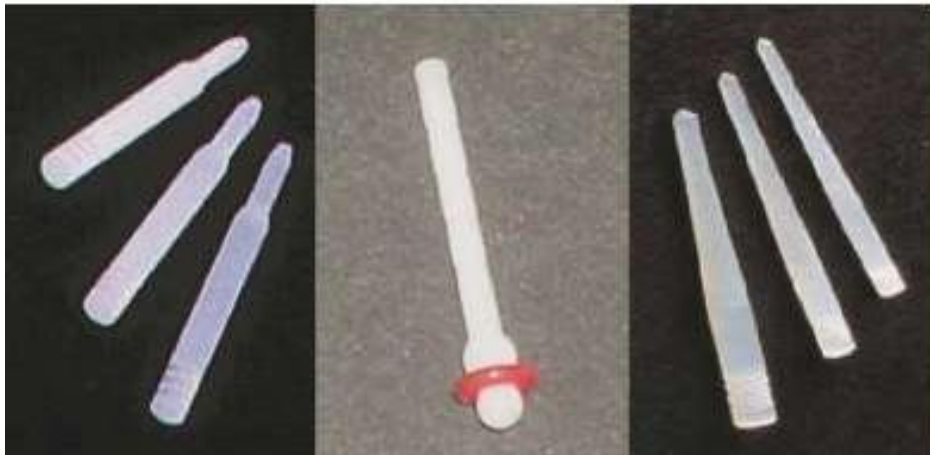


Figure 4 : photos des différentes formes de tenons en fibres de quartz [21]

### 1.3.3.3 Mise en place

La mise en place du tenon doit respecter plusieurs impératifs [26] :

- longueur intra radiculaire correspond à la hauteur coronaire de la restauration,
- respect de la forme canalaire et de sa configuration spatiale lors du forage,
- tenon dans la racine de plus forte résistance,
- laisser au moins 3-4 mm d'obturation,
- doit s'arrêter avant une courbure radiculaire.

### 1.3.3.4 Composition

La composition est essentiellement représentée par des matériaux composites, des fibres pré-étirées, unidirectionnelles, de carbone, de verre/silice et de quartz qui sont noyées dans une matrice en résine époxy, bis-GMA ou méthacrylate (Fig.5) avec un pourcentage volumique variable. Cette matrice est compatible avec les techniques adhésives et permet une liaison chimique et micromécanique de la fibre avec la dentine radiculaire offrant une répartition uniforme des contraintes [25,27].

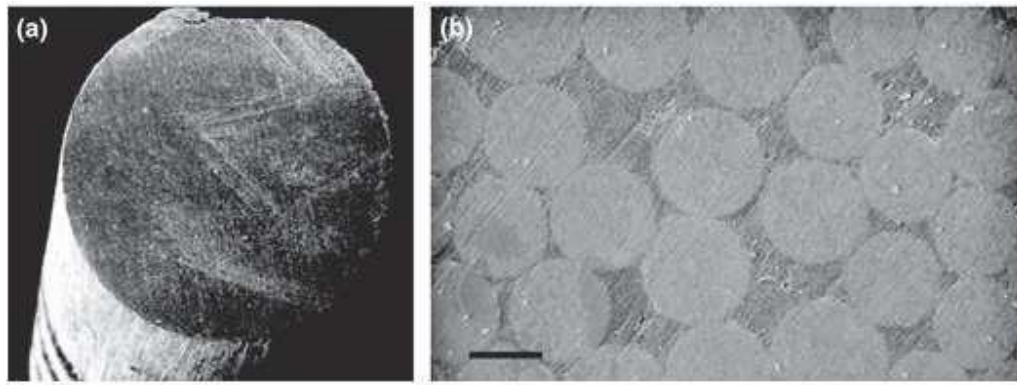


Figure 5 : image observée au microscope électronique à balayage d'une coupe transversale d'un tenon fibré montrant la présence des fibres incorporées dans la matrice de résine [27]

La disposition des fibres est responsable de la résistance à la traction et de la rigidité alors que la matrice de résine permet la résistance aux contraintes de compression, elle transfère les charges aux fibres et les protège également de l'humidité de l'environnement buccal [18].

Les fibres sont orientées parallèlement à l'axe longitudinal du tenon et leur diamètre est compris entre 6 et 15  $\mu\text{m}$ . La densité de fibres varie entre 25 et 35 par  $\text{mm}^2$  sur une coupe transversale.

Ils peuvent aussi être constitués de fibres de quartz, qui consiste en une composition en silice pure sous forme cristallisée et fournissent de meilleurs résultats esthétiques.

Des contraintes sont générées à l'interface fibre-matrice en raison de la différence dans leur module d'élasticité. Elles sont compensées par une forte liaison entre les fibres et la matrice, améliorée par une silanisation des fibres avant leur intégration [25,27].

Les facteurs responsables des propriétés mécaniques des tenons fibrés sont :

- la direction des fibres,
- la fraction volumique et la proportion des fibres,
- la liaison entre la matrice et les fibres,
- les propriétés individuelles des fibres et de la matrice.

#### **1.3.3.5 Tenons en fibres de quartz**

- Composition :

Ils sont fabriqués à partir de fibres longitudinales de quartz, parallèles et liées entre elles par une matrice en résine époxy ou polyester. La teneur en fibres varie entre 60 et 65%. Ils sont sous forme de tenons préfabriqués blancs, transparents ou opaques, de différentes formes et diamètres. Ils présentent des aspérités de surface pour renforcer le collage.

- Caractéristiques mécaniques :

Ils possèdent un module d'élasticité variant de 18 à 50 GPa et une résistance à la flexion de 1400 à 1800 MPa. Leur rigidité dans le sens axial est plus importante par rapport aux tenons en fibres de carbone. Ils sont plus radio-opaques que les tenons en fibres de verre et ont une plus grande résistance à la flexion et à la rupture [25].

#### **1.3.3.6 Tenons en fibres de verre**

Ils sont légèrement moins résistants que les tenons en fibres de quartz mais plus esthétiques. Ils sont aussi disponibles en blanc, transparent ou opaque.

Les tenons en fibres de verre peuvent contenir différents types de fibres, tels que le verre E (verre électrique) et le verre S (verre haute résistance). Elles s'étirent uniformément sous la contrainte jusqu'à leur point de rupture. Lors du retrait de la charge de traction, la fibre reprend sa longueur initiale [25,27-28].

#### **1.3.3.7 Tenons en fibres de carbone**

La couleur foncée du tenon est responsable d'un assombrissement des tissus parodontaux et ne permet pas la diffusion lumineuse à travers la racine.

Ils ne sont donc pratiquement plus utilisés, surtout dans les zones esthétiques. De plus, ils sont conducteurs électriques contrairement aux autres tenons fibrés.

#### **1.3.3.8 Tenons en zircone**

Ils ont comme caractéristiques :

- bonnes propriétés esthétiques,
- résistance élevée aux contraintes,
- trop grande rigidité,
- difficulté d'adhésion entre la zircone et le composite.

Ces tenons sont des matériaux de second choix à cause de leur rigidité trop importante.

#### **1.3.3.9 Cas particulier des tenons fasciculés**

Un nouveau concept de micro-tenons fasciculés est commercialisé depuis 2017. La majorité des racines présente une morphologie ovale avec un diamètre important dans le sens vestibulo-lingual et plus faible dans le sens mésio-distal. Lors de la préparation pour un tenon fibré monobloc les forêts de calibrage entraînent une sur préparation des parois et fragilisent la dent.

L'insertion de plusieurs micro-tenons dans le composite de reconstitution de manière passive évite la fragilisation de la structure radiculaire et permet une meilleure distribution des forces par une répartition homogène des micro-tenons dans le volume radiculaire [29].

Ces avantages décrits en faveur de la préservation tissulaire en font une solution très prometteuse mais un recul clinique s'avère toutefois nécessaire.

#### **1.3.3.10 Composite de reconstitution**

Il doit être micro-hybride et hautement chargé (environ 70 % en poids).

De récentes études ont montré que les résines plus chargées présentaient une contraction plus élevée, une force de liaison plus faible et des interfaces plus défectueuses [26-27]. Alors que pour les résines moins chargées, leur module d'élasticité inférieur a entraîné une moindre contrainte lors de leur durcissement.

Mais les résines moins chargées ont de moins bonnes propriétés mécaniques. Des études sont actuellement menées afin de valider leur utilisation pour des restaurations à long terme.

Le composite de reconstitution doit répondre à plusieurs critères :

- une viscosité permettant une homogénéité de l'ensemble,
- une prise duale (chémo et photopolymérisable),
- un module d'élasticité proche de celui de la dentine (18GPa),
- un faible retrait lors de la polymérisation pour favoriser l'étanchéité,
- doit être radio opaque,
- d'une teinte esthétique,
- compatible avec un système adhésif,
- et un système d'utilisation aisé.

#### **1.3.3.11 Système adhésif**

La revue de littérature de Dietschi *et coll.* [4] met en évidence qu'une proportion importante des échecs des RMIPP est causée par un décollement.

Le tenon est positionné passivement dans le canal, c'est donc le système adhésif qui va permettre la rétention de la reconstitution. L'obtention d'une bonne adhésion de la dentine intra radiculaire est plus compliquée qu'avec la dentine coronaire et reste un défi majeur puisque plusieurs facteurs ont une influence négative sur celle-ci [27] :

- Les irrigants endodontiques (hypochlorite de sodium, EDTA, peroxyde d'hydrogène, CaOH, eugénol) modifient la structure de la dentine et interfèrent négativement avec la polymérisation.

- Lors de la préparation du logement canalaire, une couche de débris est produite et empêche les interactions chimiques et la pénétration de l'adhésif. Un débridement en association avec de l'EDTA a été suggéré pour essayer de minimiser ce phénomène.
- En présence d'un ciment d'obturation avec de l'eugénol, il est préférable de différer la réalisation de la reconstitution.

Plusieurs techniques de traitement de la surface du tenon ont été testées mais la silanisation semble être la méthode la plus efficace pour améliorer la liaison.

Selon Alves Morgan *et coll.* [1] l'utilisation d'un tenon fibré translucide par rapport à un tenon fibré conventionnel augmente la force de liaison de la résine composite à prise duale mais n'influence pas sa micro dureté. Des résultats contradictoires ont été obtenus par Juloski *et coll.* [30] qui ont conclu que la translucidité du tenon n'influait pas sa rétention. Galhano *et coll.* [31] ont démontré que même avec l'utilisation d'un tenon translucide la polymérisation d'une résine à prise duale dans le tiers apical n'est pas complète.

Les preuves actuelles indiquent que les résultats les plus fiables sont obtenus par des systèmes M&R 2 ou 3 en combinaison avec des composites de reconstitution à prise duale. A condition que les étapes soient bien maîtrisées et bien réalisées, ce qui peut devenir assez complexe avec les systèmes à trois étapes [28].

#### **1.3.3.12 Radio-opacité**

La nature des fibres a une influence sur la radio-opacité. Les tenons en fibres de verre présentent une radio-opacité plus faible que les tenons en fibres de quartz qui sont eux-mêmes moins radio-opaques que les tenons en fibres de carbone [32].

## 2. Propriétés optiques de la dent naturelle

Il est nécessaire de bien comprendre et maîtriser les propriétés optiques de la dent naturelle pour essayer de les reproduire de la façon la plus fidèle possible et ainsi obtenir une reconstitution naturelle. Il est important de comprendre les interactions entre l'organe dentaire et les rayons lumineux [33].

### 2.1 Propriétés physiques de la lumière

#### 2.1.1 Interactions lumineuses

La nature de la lumière incidente joue un rôle majeur dans la détermination de la quantité de lumière transmise ou réfléchi et la manière dont un objet est perçu par ses différentes interactions avec elle.

Un milieu, ou objet, est caractérisé par plusieurs facteurs : degrés de dispersion, réfraction, réflexion, transmission et absorption lumineuse (Fig. 6) [34].

**La réflexion** lumineuse est obtenue lorsque la lumière entre en contact avec la surface du milieu et subit un changement de direction.

**La réfraction** est le changement de direction des rayons lumineux lors de leur passage d'un milieu à un autre. Un matériau peut être identifié par son indice de réfraction.

**La transmission lumineuse** est considérée comme une double réfraction. La lumière subit une première réfraction à la surface du milieu, traverse ce milieu puis subit une seconde réfraction à la sortie. Si le rayon lumineux ne subit pas de déviation la transmission est dite régulière, comme dans un milieu **transparent**. A l'inverse si la lumière est diffusée dans toutes les directions, la transmission est diffuse, comme dans un milieu **translucide**. La dent et ses différents tissus constitutifs est un milieu translucide.

La lumière peut être **absorbée**, causée par une diminution de l'énergie des ondes lumineuses lors de leur passage à travers un matériau.

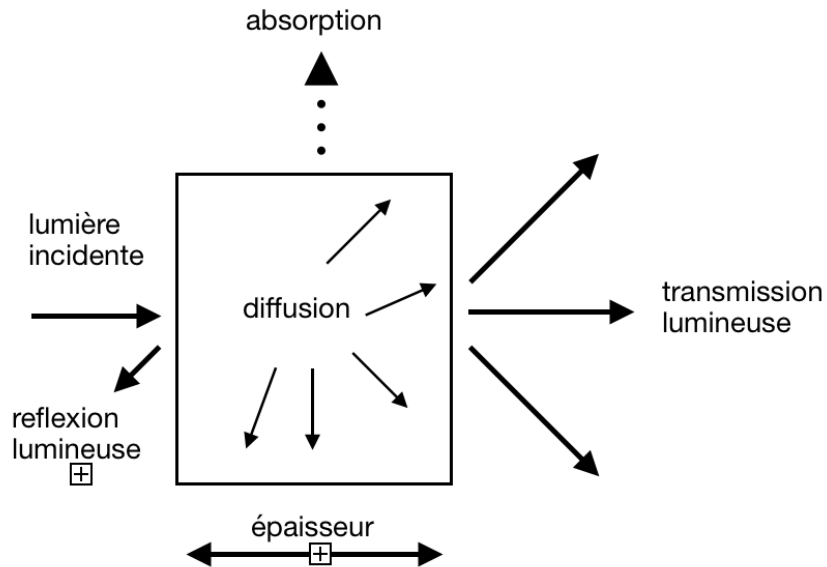


Figure 6 : schéma des interactions de la lumière avec un matériau

### 2.1.2 Phénomènes optiques de perception des couleurs

Un objet apparaît coloré lorsqu'il absorbe et réfléchit des longueurs d'onde spécifiques de la lumière incidente. Un objet apparaît blanc lorsqu'il réfléchit toutes les longueurs d'onde constituant la lumière et noir lorsqu'il les absorbe toutes [34].

Un objet affichera une couleur plus proportionnelle à son opacité, plutôt que sa capacité à absorber et à réfléchir la lumière. Un corps translucide présente une couleur inversement proportionnelle au niveau de sa translucidité [34].

Un support de transmission peut être classé en trois catégories : **opaque**, **transparent** et **translucide**. Si la matière permet une transmission totale de la lumière sans aucune réfraction ; elle est dite transparente. S'il y a une modification de la diffusion lumineuse entraînant une perception changée de l'objet ; elle est dite translucide. Si elle ne transmet pas la lumière ; elle est dite opaque (Fig. 7)

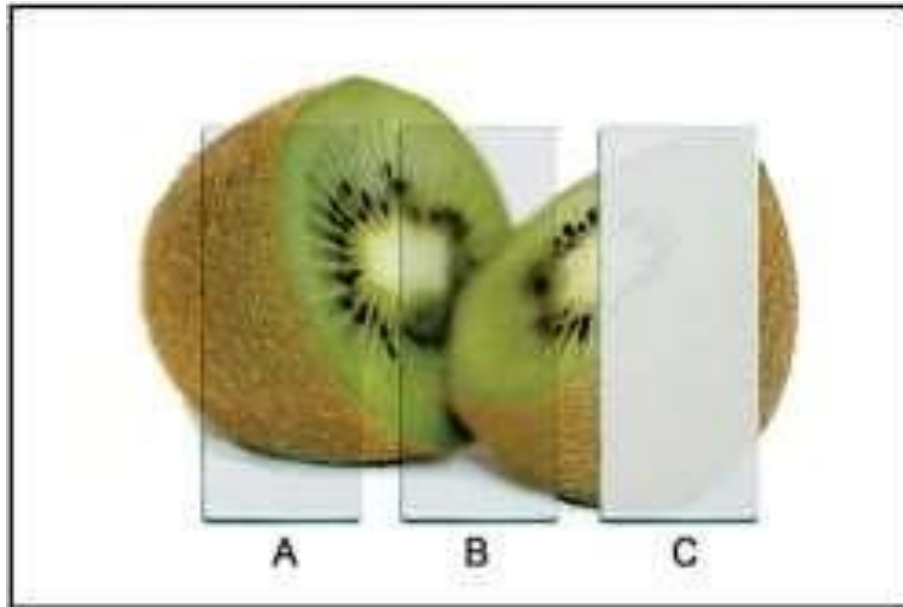


Figure 7 : photo illustrant l'influence d'un filtre sur la perception de la couleur ; A : filtre transparent ; B : filtre translucide ; C : filtre opaque [34]

La translucidité est directement liée à la diffusion de la lumière et ces deux concepts dépendent de l'indice de réfraction du matériau. Plus cet indice est important, plus le degré de dispersion de la lumière est important et la translucidité plus faible.

L'état de surface d'un matériau modifie la translucidité de ce dernier car il va influencer sur la réflexion lumineuse et donc diminuer sa transmission [34].

### **2.1.3 Matériau chromatique translucide**

Un matériau translucide est chromatique ou achromatique. S'il permet la transmission de toutes les longueurs d'ondes de la lumière à travers le corps ; il est dit achromatique. Au contraire, s'il permet le passage de la lumière mais il ne réfléchit qu'une seule longueur d'onde ; il est dit chromatique (Fig. 8). Cette longueur d'onde va donner de la couleur à ce corps translucide. La perception d'un matériau à travers ce corps translucide chromatique est influencée par la couleur de ce dernier.

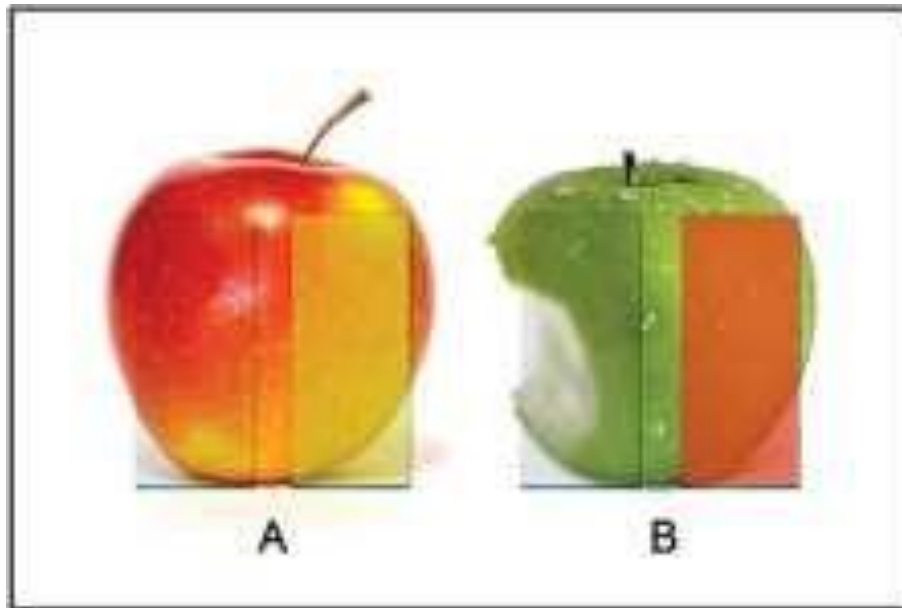


Figure 8 : photo illustrant l'influence de filtres sur la perception de la couleur. A et B : filtre translucide achromatique à gauche, filtre translucide chromatique à droite [34]

## 2.2 Structure de la dent naturelle

Les propriétés optiques de la dent naturelle dépendent directement de sa structure et de l'épaisseur des tissus qui la composent.

Les différents tissus dentaires (émail, dentine, pulpe) ne présentent pas les mêmes propriétés optiques et vont influencer la perception visuelle de la dent.

L'épaisseur de l'émail et de la dentine varie dans tout le volume de la dent. En général, l'épaisseur de l'émail est plus grande au niveau du bord incisif rendant la dent plus translucide notamment chez les patients jeunes. Cette translucidité est parfois importante et permet de voir les mamelons dessinés par la dentine.

L'épaisseur de la dentine augmente au niveau de la partie cervicale alors que celle de l'émail diminue. La dent devient moins lumineuse et plus saturée puisqu'on aperçoit la dentine immédiatement à travers la faible couche d'émail.

### 2.2.1 Structure et propriétés optiques de l'émail

L'émail est très translucide et transmet jusqu'à 70 % de la lumière à travers une épaisseur de 1 mm grâce à sa matrice minérale prédominante. La lumière incidente est en partie réfléchi à la surface de l'émail, l'autre partie pénètre dans la surface. Elle est sujette à une diffusion dans plusieurs directions après la rencontre des rayons lumineux avec les cristaux d'hydroxyapatite (Fig. 9) [35].

#### Réflexions optiques sur les tissus buccaux

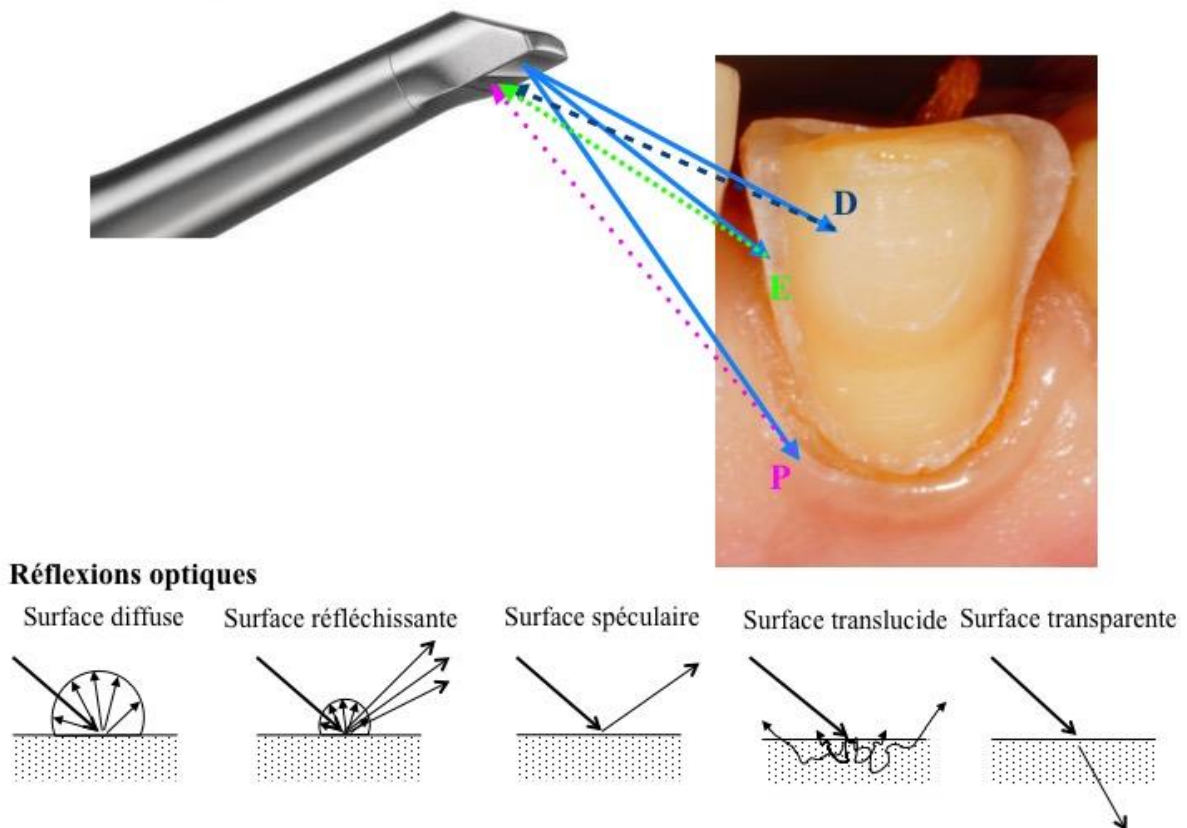


Figure 9 : schéma des interactions lumineuses avec les tissus dentaires

L'émail peut présenter une translucidité chromatique ou achromatique. Il a généralement un aspect blanc jaunâtre ou blanc grisâtre. Il modifie l'aspect chromatique de la dent par des phénomènes tels que la réflexion, la transmission, la réfraction, et par son épaisseur et son état de surface [34].

Quatre facteurs importants doivent être considérés pour évaluer la translucidité d'un matériau :

- la présence ou l'absence de couleur,
- l'épaisseur du matériau,
- le degré de translucidité,
- son état de surface.

La translucidité de l'émail est modifiée en fonction de son niveau de calcification. Plus il est minéralisé, plus son indice de réfraction est faible. Quand la partie lumineuse diffusée dans l'émail atteint la jonction amélo-dentinaire, cette nouvelle interface réfléchit une partie et diffuse vers la dentine une autre partie de la lumière [35].

### **2.2.2 Structure et propriétés optiques de la dentine**

La dentine est un tissu hiérarchisé présentant une structure composite à deux niveaux, les tubules dentinaires étant l'élément structural prédominant au niveau microscopique et des fibres de collagène avec des cristaux minéraux dominant l'échelle nanométrique [33]. La translucidité de la dentine est beaucoup plus faible que celle de l'émail : 40% [34].

La propagation et la diffusion lumineuse dépendent de la fraction volumique des tubules mais aussi de la forme, distribution et orientation des cristaux minéraux. Les tubules dentinaires ont un arrangement spatial provoquant une diffraction sélective de la lumière : certains rayons lumineux vont être réfléchis et d'autres absorbés [34].

### **2.2.3 Changement des propriétés optiques avec le vieillissement**

Les dents jeunes réfléchissent plus de lumière ce qui donne leur caractère plus lumineux et une valeur chromatique supérieure.

Elles ont un aspect plus laiteux et moins translucide du fait de l'épaisseur de l'émail plus importante.

L'émail d'une personne plus âgée est donc plus mince à cause de l'usure et l'érosion subies au cours du temps. Cet émail est donc plus translucide avec une saturation plus importante de la dentine notamment au niveau du tiers cervical [33].

La dentine présente une faible translucidité chromatique. Sa saturation augmente avec le temps. Elle est responsable de la couleur de la dent. Le vieillissement de la dent est caractérisé par une évolution de la dentine primaire, secondaire et tertiaire, qui ont des propriétés optiques différentes. Par exemple la sclérose dentinaire va augmenter la saturation [33].

## **2.3 Couleur de la dent naturelle**

### **2.3.1 Analyse de la couleur**

De nombreux cas d'échec esthétique découlent d'une analyse incorrecte des comportements optiques de la dent naturelle.

La Commission Internationale de l'Eclairage qui est vouée à la normalisation dans des domaines tels que la couleur et l'apparence, a défini une source de lumière et un observateur standard ainsi qu'un espace colorimétrique CIELab qui soutient la théorie acceptée de la perception des couleurs basée sur trois récepteurs de couleurs distincts (rouge, vert et bleu) dans l'œil [37-38].

Un problème se pose dans la communication de ces couleurs, c'est pour cela que plusieurs systèmes ont été développés et ont décrit la couleur comme étant tridimensionnelle. Mais c'est Munsell qui a été le premier à la séparer en 3 dimensions perceptuellement uniformes et indépendantes. Ces travaux ont abouti à illustrer les couleurs dans un espace tridimensionnel dans le diagramme de Munsell [36,38].

Les dents naturelles occupent une zone qui est située haut dans l'espace chromatique, ce qui signifie qu'elles sont lumineuses et désaturées (Fig. 10) [36].

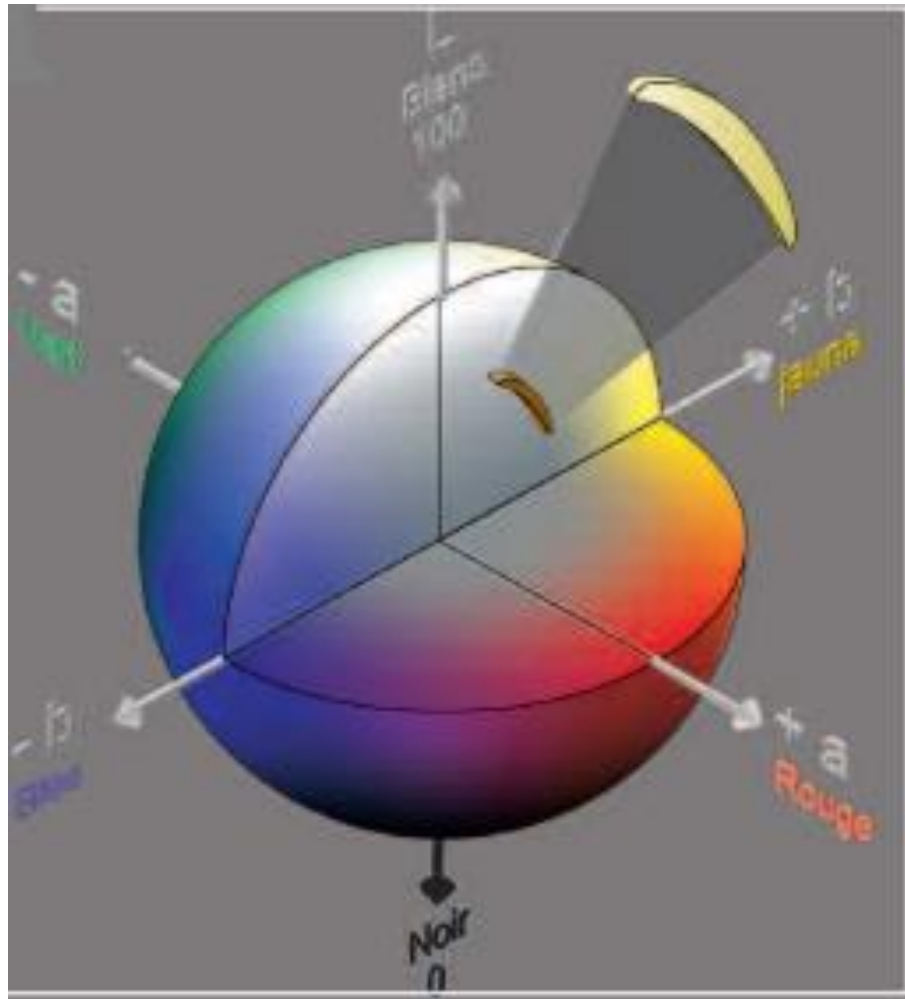


Figure 10 : espace colorimétrique CIELab [36]

La couleur d'une dent est influencée par plusieurs éléments [35] :

- la longueur d'onde de la source lumineuse,
- la sensibilité de l'observateur,
- les caractéristiques intrinsèques de la dent vis à vis de la lumière (absorption, réflexion, transmission).

La dentine est en quelque sorte responsable de la teinte de la dent et l'émail peut être considéré comme un modificateur de la perception de cette couleur et responsable de la translucidité [34,39].

La couleur naturelle des dents a tendance à s'assombrir et devenir plus jaune avec l'âge. Cela peut s'expliquer par [37] :

- La pulpe qui se rétracte et est remplacée par la dentine secondaire.
- La dentine qui devient plus dure et moins perméable.
- Des pigments et des ions organiques et inorganiques viennent colorer la dent, elle devient donc plus saturée.

Le comportement optique des dents naturelles résulte donc des différentes interactions de la lumière avec ses structures [37]. Une faible partie de la lumière incidente est réfléchiée, la plus grande partie est diffusée et transmise à travers les structures dentaires (Fig. 11).

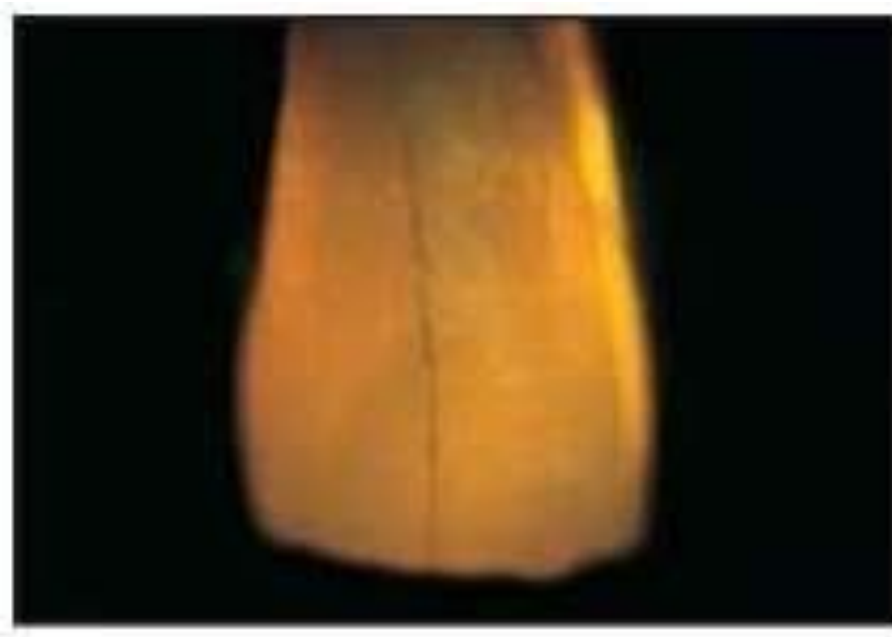


Figure 11 : photo d'un incisive centrale maxillaire illuminée par une fibre optique [40]

Reproduire ce comportement optique avec les matériaux de reconstitution garantira un aspect plus naturel à la reconstitution [40].

La dent est une structure stratifiée hétérogène et la couleur se développe en profondeur dans cette structure.

La couleur d'une dent est définie classiquement comme étant tridimensionnelle avec une teinte, une saturation et une luminosité.

- La teinte : caractérise la longueur d'onde dominante de la lumière réfléchie par l'objet.
- La luminosité : indique la quantité de blanc contenue dans une couleur ou la quantité de lumière réfléchie, elle est considérée comme le facteur le plus important dans la réussite esthétique.
- La saturation : décrit la force, l'intensité ou la vivacité d'une couleur.

Pour mieux décrire la couleur de la dent naturelle il faut ajouter sept autres critères que sont : la stratification, la translucidité, l'opalescence, la fluorescence, l'effet nacré, l'état de surface, et les caractérisations. Ces critères doivent être répliqués par les matériaux de restauration pour obtenir le succès clinique [36,41-42].

#### L'opalescence :

Le bord incisif d'une dent naturelle développe une translucidité bleue lorsqu'elle est observée sous la lumière réfléchie. Sous la lumière transmise, elle apparaît plutôt orangée, rougeâtre. Cet effet résulte de la diffusion des rayons lumineux lors de leur rencontre avec les cristaux d'hydroxyapatite qui sont inférieurs à la longueur d'onde de la lumière visible [35].

#### La fluorescence :

Les dents naturelles, et plus particulièrement la dentine, ont la capacité de fluorescence sous rayonnement ultraviolet. Elles émettent de la lumière visible lorsqu'elles sont exposées à la lumière ultraviolette (UV). Bien que la lumière UV ne soit pas visible à l'œil nu, son interaction avec la dentine est importante car la fluorescence ajoute à l'aspect naturel d'une restauration. Les dents sont plus blanches et lumineuses en plein jour. Cette propriété serait obtenue grâce aux protéines de la matrice [35].

### L'état de surface :

Il peut être très variable et influence grandement la couleur de la dent puisqu'il conditionne le flux lumineux réfléchi et transmis. Les dents jeunes ont un aspect riche en dépressions, en irrégularités et en stries horizontales de croissance (périkématies). L'état de surface reste brillant même quand elle est sèche. Avec le temps, l'usure de l'émail efface peu à peu ces irrégularités et la dent prend un aspect lisse. C'est un aspect très important à transmettre au laboratoire et facilement visible sur photographie numérique.

### **2.3.2 Mesure de la couleur**

La mesure de la couleur, et de la différence entre 2 couleurs ont été largement utilisées dans la recherche et dans de nombreuses applications dentaires :

- pour démontrer l'efficacité d'un traitement d'éclaircissement,
- pour la description des erreurs que pouvaient entraîner les teintiers,
- pour le changement de couleur causé par le traitement de matériaux dentaires,
- pour la communication avec le laboratoire.

La mesure de la couleur a été utilisée dans cette étude pour analyser la différence de couleur d'une dent reconstituée par RMIPP avec un tenon transparent et un tenon opaque et une dent reconstituée sans tenon.

Deux méthodes peuvent être utilisées : visuelle et instrumentale.

La méthode visuelle reste très subjective et peu précise et est influencée par de nombreux facteurs [43] :

- l'âge de l'observateur,
- la fatigue oculaire,
- l'expérience du praticien,

- l'incompatibilité ou l'imprécision de certains teintiers avec les matériaux dentaires,
- la variabilité entre les teintiers du même fabricant.

#### La méthode instrumentale :

Les spectrophotomètres sont parmi les instruments les plus précis pour mesurer la couleur en dentisterie. Ils mesurent la réflectance spectrale et l'exprime sous les coordonnées  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  du système CIELab. Comparés aux observations visuelles subjectives, les spectrophotomètres offrent une augmentation de 33 % de la précision et une concordance plus objective chez 93,3 % des patients [44].

Le Vita EasyShade Compact®, est un spectrophotomètre dentaire intra-oral portable et sans fil, utilisé comme dispositif d'appariement de teintes dentaires intra-buccales et extra-orales. Il est considéré comme fiable et précis dans la mesure de couleur. L'utilisation de colorimètres a aussi été jugée comme fiable. Ces appareils ont une bonne répétabilité pour la correspondance des couleurs [44].

Cependant, étant donné qu'il s'agit de dispositifs de mesure par contact, des erreurs peuvent survenir en raison de facteurs tels que la courbure de la surface de la dent, la perte de lumière causée par la translucidité de la dent et la lumière ambiante. Un autre inconvénient est que la fenêtre de mesure est généralement de 3 mm, ce qui peut ne pas capturer de manière fiable les informations de couleur réelle de toute la surface de la dent.

Il existe une autre méthode qui est la mesure par analyse photographique. Un des avantages de cette technique est la mesure sans contact et sa capacité à évaluer toute la surface de la dent. Les erreurs systématiques dues à la translucidité et à la courbure de la surface peuvent être minimisées [45].

Ces images peuvent être analysées à l'aide d'un logiciel d'imagerie permettant d'obtenir des valeurs de couleur à partir de la totalité ou d'une partie de ces images [46].

L'étude de Jarad *et coll.* [46] a montré une forte corrélation entre les valeurs obtenues par un spectrophotomètre et celles obtenues par imagerie numérique.

Leurs conclusions sont que les mesures de couleur obtenues par imagerie numérique peuvent être considérées comme fiables.

En imagerie numérique, les photos capturées sont analysées en convertissant les valeurs RVB de l'appareil (espace colorimétrique dépendant du périphérique) en valeurs CIELab (espace colorimétrique indépendant du périphérique) pour la mesure de la couleur des dents [47].

### **3. Propriétés optiques des matériaux de reconstitution**

Pour obtenir une reconstitution la plus esthétique possible il est nécessaire de connaître les interactions entre les matériaux de restauration et les propriétés physiques et optiques de la lumière [48]. Les tenons esthétiques sont disponibles pour optimiser le résultat. Mais le tenon ne constitue qu'une partie de la restauration de la dent dévitalisée car du composite de reconstitution est ajouté et ensuite une couronne. Dans la conception des restaurations dentaires, la connaissance des propriétés optiques de ces matériaux est indispensable pour comprendre leurs interactions avec les tissus dentaires résiduels. Dans ce principe, les caractéristiques optiques du tenon pourraient influencer le résultat esthétique.

#### **3.1 Propriétés optiques des résines composites**

##### **3.1.1 Influence de la composition**

De nombreux facteurs tels que le type de matrice, l'indice de réfraction avant et après la polymérisation, la concentration, la taille et la disposition des particules de la charge influent directement sur la transmittance et l'opacité des composites dentaires [49]. Les matrices de résine à base de BisGMA semblent avoir une translucidité plus importante que celles à base de TEGDMA et UDMA.

Les résines composites ont des différences au niveau du genre et de la quantité de charge dans leur composition. L'épaisseur du composite a aussi un rôle très important sur la translucidité de celui-ci [50].

Cependant, bien que la classification actuelle la plus courante des composites dentaires repose exclusivement sur la taille des particules, les propriétés physiques ne sont pas nécessairement corrélées à cela. Elles peuvent être liées à leur contenu et distribution.

Plus la teneur en charge augmente plus la transmittance de la lumière est réduite.

Ces facteurs doivent être minutieusement étudiés afin de comprendre la propagation de la lumière dans les composites dentaires.

### **3.1.2 Choix du composite**

Les fabricants ont développé de nombreux composites destinés à la reconstitution de la RMIPP proposant des teintes et des opacités différentes reproduisant fidèlement la chromaticité et la translucidité/opacité de l'émail et de la dentine. A côté de ces composites, une personnalisation à la reconstitution par adjonction d'un maquillage est possible [34].

Le classement de Lee YK *et coll.* réalisé en fonction de la translucidité de composites de différentes marques, différents types de résine (fluide, universel) et différents groupes de teinte (dentine, émail et translucide, incisal et opaque) apporte au praticien un référentiel utile pour masquer une décoloration ou reproduire la translucidité naturelle de la dent [51].

Li *et coll.* affirment que des composites de marques diverses pour la restauration d'un moignon prothétique fournissent des résultats distincts quant à la couleur de la restauration finale avec une couronne céramo-céramique [22].

Il faut donc porter une attention particulière à la sélection du composite de reconstitution.

### **3.1.3 Translucidité et épaisseur de la résine**

Appliqué aux résines composites, le concept de translucidité chromatique obéit aux mêmes principes, les résines émaillées pouvant être pigmentées et présentant des translucidités chromatiques et achromatiques. Le choix du matériau et de la teinte est alors très important car la perception de la couleur du composite dentine est influencée par le composite émail choisi (Fig. 12) [34].

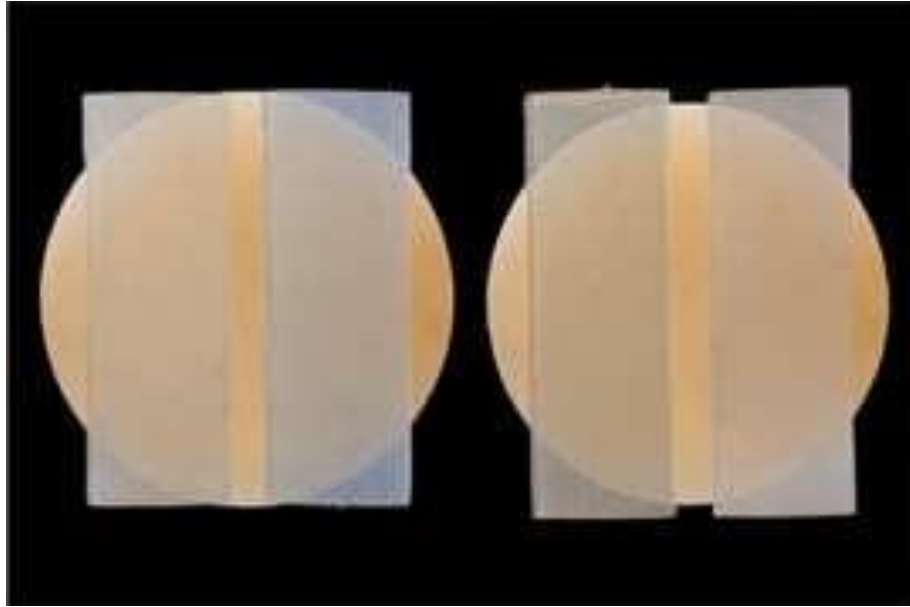


Figure 12 : photo illustrant l'influence de la résine composite émail chromatique (à droite sur l'échantillon de gauche et à gauche sur l'échantillon de droite) et achromatique sur la perception de la résine composite dentine [40]

Pour ces types de matériaux translucides, la variation de l'indice de réfraction est un facteur important à prendre en compte puisqu'elle est liée à l'épaisseur du matériau. Plus la résine composite est épaisse, plus l'indice de réfraction est élevé et donc la translucidité est diminuée (Fig. 13).

Une faible augmentation de l'épaisseur peut modifier de manière significative la perception de la teinte du composite dentinaire (Fig. 13). Des techniques existent pour essayer de mimer la stratification de la dent naturelle, de reproduire les caractéristiques topographiques et les effets optiques naturels comme les mamelons dentinaires. Au cours de cette stratification, les couches seront de différentes épaisseurs afin de se rapprocher le plus possible de l'aspect optique naturel [33,50].

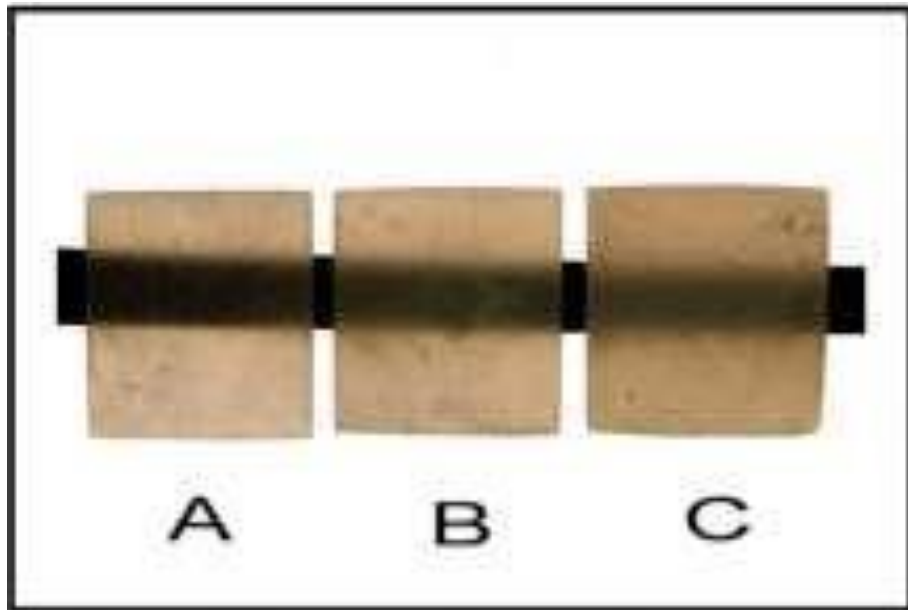


Figure 13 : photo illustrant la variation de translucidité en fonction de l'épaisseur de la résine composite émail [40]

#### **3.1.4 Polissage des résines composites :**

L'état de surface du composite est également très important. Plus le polissage est élevé, plus la transmission lumineuse est grande. Alors qu'un polissage plus faible provoque une réflexion lumineuse plus importante et donc une restauration plus lumineuse [33].

#### **3.1.5 Influence de la polymérisation :**

Les changements de couleur et de translucidité liés à la polymérisation et le durcissement des résines composites indiquent qu'il faut utiliser le matériau durci comme guide de teinte pour une correspondance optimale [52].

## 3.2 Propriétés optiques de la reconstitution prothétique

Les couronnes céramo-métalliques ont longtemps été utilisées et le sont toujours, puisqu'elles ont de bonnes propriétés mécaniques et une esthétique acceptable dans certaines conditions cliniques. Toutefois, avec l'arrivée des céramiques esthétiques et mécaniquement résistantes, les couronnes céramo-métalliques ne sont pas une solution à privilégier surtout pour un secteur esthétique [35].

### 3.2.1 Propriétés optiques des couronnes céramo-métalliques (CCM)

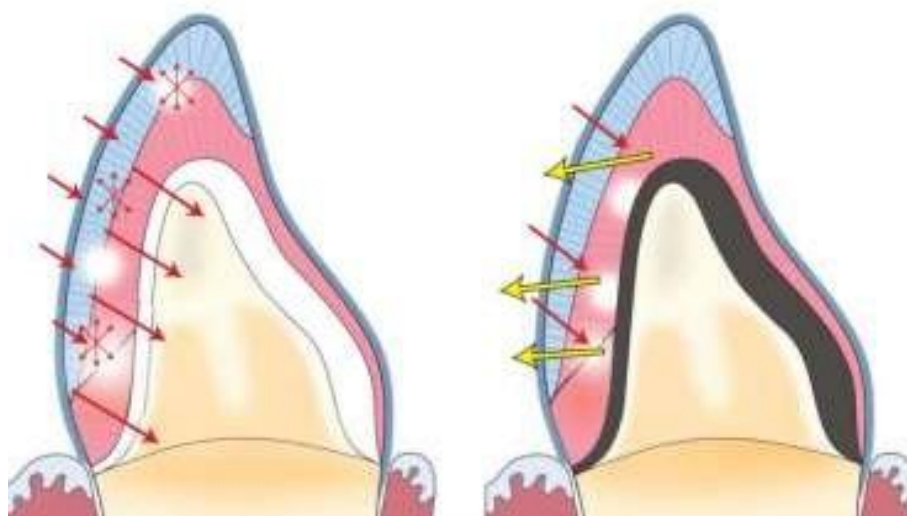


Figure 14 : schéma de la transmission lumineuse d'une CCC (à gauche) vs CCM (à droite) [35]

La chape métallique de la CCM, à l'image d'un inlay-core, ne laisse pas du tout passer la lumière. On observe dans la figure 14 une réflexion presque totale des rayons lumineux au niveau de l'armature et la couche d'opacifiant. Il n'y a donc aucune diffusion qui a pour conséquence le caractère très opaque et très lumineux de la reconstitution.

Les propriétés optiques d'une CCM ne correspondent pas suffisamment à celles de la dent naturelle et le résultat esthétique en est impacté. Elles paraissent moins vitales avec une profondeur de translucidité plus faible. Ce phénomène est encore plus visible au niveau du tiers cervical car la céramique est plus mince donc la réflexion lumineuse encore plus élevée.

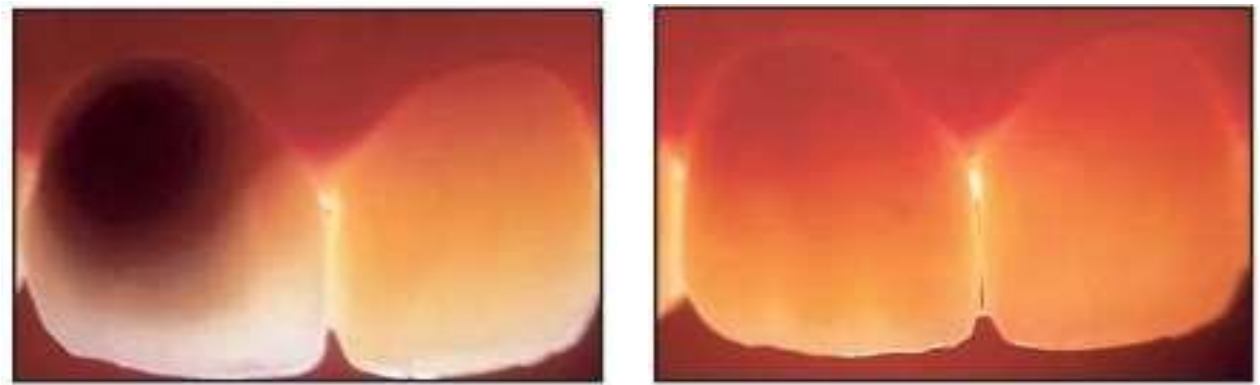


Figure 15 : photos de l'illumination par une fibre optique d'une incisive centrale reconstituée à gauche par une couronne céramo-métallique et à droite par une couronne céramique monolithique IPS-Empress (Ivoclar®) [35]

Il est facilement imaginable que même sous lumière naturelle le résultat sera moins bon avec la CCM, alors que le comportement optique de la CCC se rapproche fortement de celui de la dent naturelle (Fig. 15).

Une décoloration grisâtre est observée au niveau des tissus gingivaux du fait de la réflexion lumineuse sur l'opaque. La photo de gauche montre la présence d'un liseré gris, et une opacité au niveau du tiers cervical qui altèrent clairement le résultat esthétique (Fig. 16).

Des techniques ont été apportées pour essayer de limiter cet effet, comme augmenter la largeur de l'épaulement. Mais les résultats ne sont pas satisfaisants.



Figure 16 : photos montrant l'adaptation marginale d'une CCM à gauche et d'une CCC (IPS-Empress) à droite [35]

C'est ainsi qu'on recommande très largement la pose de couronnes céramo-céramiques au niveau des zones antérieures et esthétiques.

### **3.2.2 Propriétés optiques des couronnes céramo-céramiques (CCC)**

La recherche sur les matériaux céramiques a permis une grande progression au niveau de leur résistance au cours des 30 dernières années [35].

L'absence d'armature métallique minimise la réflexion lumineuse. Les céramiques utilisées pour les CCC sont plus translucides. Une diffusion et une transmission de la lumière sont donc accrues comme l'illustre la figure 14.

Parmi les céramiques vitrocéramiques, les céramiques renforcées en disilicate de lithium ont acquis une popularité croissante pour les couronnes antérieures en raison de son esthétique de qualité supérieure, de sa résistance mécanique plus importante, de son comportement à l'abrasion et de sa durabilité chimique améliorés [44].

Le comportement optique global d'une CCC dépend de 5 facteurs [26,28,35] :

- Le substrat sous-jacent :

En raison de la bonne transmission lumineuse des CCC, la nature du substrat (IC, RMIPP, ou structure dentaire résiduelle) et la couleur de la racine influencent grandement le résultat esthétique final. Chaiyabutr *et coll.* ont démontré que la couleur du substrat avait une influence très importante sur le résultat final et qu'en dessous de 2 mm d'épaisseur de céramique avec un substrat foncé il était considéré comme cliniquement inacceptable [53].

- Propriétés intrinsèques de la céramique :

Les propriétés des céramiques dépendent en grande partie de leur matrice cristalline. Plus leur proportion est importante plus la céramique est résistante mécaniquement mais plus la céramique est opaque [54].

La quantité de lumière absorbée, réfléchi et transmise est dépendante de la quantité de cristaux, de leur nature chimique et de la taille des particules par rapport à la longueur d'onde de la lumière incidente [55].

Les céramiques composées de petites particules ont une réfraction et absorption moindre malgré une dispersion plus élevée (nombre de particules plus élevé) ce qui les rend plus translucides. De grosses particules dans la matrice cristalline entraînent une réflexion, réfraction et une absorption plus élevées.

Pour une opacité maximale, une particule dont la taille est légèrement supérieure à la longueur d'onde de la lumière et dont l'indice de réfraction est différent de celui de la matrice est nécessaire. C'est ce qu'on observe avec l'oxyde de zirconium qui a une opacité très importante [56].

La reproduction de l'opalescence dans les céramiques dentaires est obtenue par l'incorporation d'oxydes de réfraction dans la matrice de verre. La différence d'indice de réfraction de ces particules et de la matrice feldspathique provoque les effets d'opale [35].

Pour la fluorescence, les céramiques intègrent des substances comme les luminophores qui permettent d'optimiser la distribution de la lumière dans la gencive et la zone cervicale [35].

Bien connaître les propriétés optiques des céramiques, notamment la translucidité, est nécessaire pour la réalisation d'une reconstitution esthétique pour pouvoir, par exemple, utiliser une céramique opaque permettant de masquer un substrat métallique comme un inlay-core, ou plus ou moins translucide en fonction des dents adjacentes (Fig. 17).

En dessous de 2 mm d'épaisseur la couleur du substrat aura une influence non négligeable sur l'esthétique finale d'une couronne vitrocéramique [57].

C'est pour cela qu'en présence d'un inlay-core il est préférable d'utiliser des couronnes à base d'Al ou de Zi plus opaques.

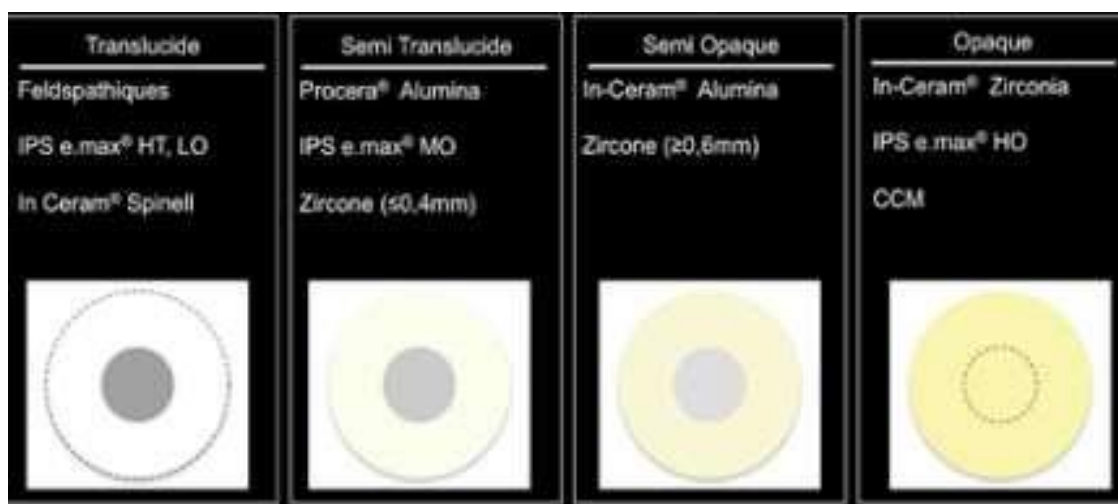


Figure 17 : translucidité des différentes céramiques [26]

Les restaurations vitrocéramiques renforcées en disilicate de lithium ont un faible indice de réfraction, ce qui les rend très translucides alors que leur matrice cristalline est importante [58].

- Epaisseur de la céramique [53,59] :

L'opacité de la céramique augmente avec l'épaisseur du matériau puisque la majeure partie de la réflexion diffuse se produit dans la couronne céramique et les effets de réflexion et de diffusion du pilier sous-jacent diminuent. Les changements d'épaisseur affectent d'avantages les céramiques aux nuances chromatiques élevées [60].

- Facteurs de laboratoire :

D'après les travaux de Barao *et coll.* et ceux d'Azevedo *et coll.*, des facteurs comme la cuisson, la technique de condensation, les marques et les lots de céramique entraîneraient une différence significative de la translucidité et de la couleur [60-61].

L'état de surface est un paramètre très important qui influence la couleur et permet de reproduire les caractéristiques des dents naturelles

Ils ont suggéré 2 types de caractérisations : des lignes horizontales qui correspondent aux lignes de croissance et disparaissent avec l'usure et des lignes verticales qui sont plus prononcées et représentent les lobules dentaires.

La reproduction de ces structures est un facteur important pour l'esthétique, car elle affecte directement la qualité et la quantité de lumière transmise modifiant la perception de la couleur.

- L'agent de collage :

Dans leurs travaux, Niu *et coll.* [44] ont testé différentes marques de colle avec des opacités et épaisseurs variables. Ils ont conclu que la restauration en disilicate de lithium usinable était affectée à la fois par la translucidité et par l'épaisseur de la colle. Pour certaines combinaisons d'opacité et d'épaisseur, la différence de couleur était cliniquement imperceptible ce qui donnait le meilleur appariement possible. D'autres combinaisons permettaient de masquer la couleur sombre du substrat et améliorer le résultat final.

L'étude d'Azevedo *et coll.* [60] a considéré la restauration comme un ensemble d'éléments avec l'épaisseur de la facette, l'agent de collage et le substrat sous-jacent. La colle opaque permettrait de masquer en parti un éventuel substrat foncé alors que la colle translucide n'a aucune influence sur la couleur de la restauration et doit être utilisée lorsque le pilier est non dyschromié ou en présence d'une RCR esthétique pour une meilleure correspondance de couleur.

Quand il est impossible d'atteindre l'épaisseur de céramique suffisante pour masquer un substrat métallique ou foncé, la manipulation de la couleur et de l'épaisseur de la colle peut être la seule variable à la disposition du praticien pour essayer d'obtenir un résultat convenable [44,53,58].

Il est très important de connaître les différents facteurs influençant les propriétés optiques de la restauration prothétique pour obtenir le meilleur résultat esthétique possible. Les propriétés optiques de la colle semblent toutefois avoir une influence moindre que les autres variables citées précédemment [53,62].

## **4. Etude de l'impact de la translucidité du tenon sur la couleur de la RMIPP**

### **4.1 Introduction**

Des nouveaux tenons fibrés transparents sont apparus sur le marché en revendiquant un bénéfice esthétique par rapport aux tenons fibrés conventionnels, blancs, opaques.

Beaucoup d'études ont été réalisées sur les différents facteurs influençant la couleur de la CCC comme les propriétés optiques du substrat sous-jacent, l'épaisseur de la céramique ou l'agent de collage utilisé [44,53,58,60]. Elles ont démontré que la couleur de la CCC pouvait être influencée par le substrat sous-jacent

Sailer *et coll.* [23] ont examiné l'influence du tenon sur la couleur du composite de reconstitution et la CCC. Ils ont conclu qu'il y avait une différence significative entre la dent reconstituée avec un tenon en titane ou en fibres de carbone et une dent reconstituée avec un tenon en Zirconium ou en fibres de verre.

Il peut donc être intéressant d'évaluer si l'utilisation d'un tenon transparent peut entraîner une différence significative de la reconstitution en comparaison à un tenon blanc, opaque.

Le but de cette étude est de quantifier l'influence du tenon translucide sur la couleur de la RMIPP. L'hypothèse nulle retenue est que les propriétés optiques du tenon n'ont pas d'influence sur la couleur de la RMIPP.

### **Analyse de la littérature**

#### **L'étude de Czigola *et coll.* [58] :**

Elle consistait à évaluer les effets de différents facteurs tels que la couleur du substrat, l'épaisseur et la translucidité de la céramique, et la teinte du ciment sur la couleur finale d'une CCC en disilicate de lithium [58].

Résultat : tous les paramètres examinés ont influencé la couleur finale

Discussion : La couleur d'une couronne céramique disilicate de lithium est influencée par l'épaisseur, la translucidité de la couronne, la couleur du substrat et la couleur de la colle. Lorsqu'une couronne disilicate de lithium avec un bloc HT est utilisée avec un substrat de couleur foncé ou une décoloration de la racine dentaire le résultat esthétique peut être très limité. Pour une couronne HT, il semblerait qu'augmenter l'épaisseur ne modifie que très peu le pouvoir masquant d'un éventuel substrat foncé.

### **Etude de Sailer et coll. [23] :**

Les auteurs ont évalué l'effet du tenon d'une RMIPP sur la couleur de la racine, du composite de reconstitution et de la CCC. Ils ont testé 4 types de tenons : zircone, fibres de verre, titane et en fibres de carbone.

Les mesures ont été réalisées à l'aide d'un spectrophotomètre.

La différence de couleur de la racine entre les tenons blancs et les tenons gris n'a pas été significative. Une décoloration du composite de reconstitution a été observée avec les tenons gris.

La différence la plus importante de couleur de la céramique a été observé au niveau du tiers cervical.

La différence entre les tenons en Zircone et ceux en fibres de verre n'a pas été considéré comme cliniquement perceptible. Une limite de l'étude peut être que si l'épaisseur du composite était plus faible, comme ça peut être le cas lors de la reconstitution d'une incisive latérale par exemple, une différence de couleur aurait pu être observée.

Ils ont conclu que les tenons blancs apportaient un bénéfice esthétique par rapport aux tenons gris, mais n'améliorent pas l'effet d'ombre grisâtre de la gencive qui peut être observé avec certaines racines.

## **Exemple du protocole eLab [63] :**

Il permet grâce à une calibration de la photo une communication objective avec le laboratoire, et ainsi créer une teinte personnalisée pour le patient. Ce protocole a été très intéressant pour cette étude pour la prise de photographies et la mesure colorimétrique.

Pour obtenir des images numériques adaptées pour la quantification de la teinte des dents, la standardisation est nécessaire en utilisant l'appareil photo numérique en mode manuel.

Un filtre polarisant est utilisé pour éliminer la réflexion lumineuse, ce qui améliore la précision et l'objectivité de l'évaluation de la teinte de la dent.

Pour atténuer l'influence de la lumière ambiante et assurer la synchronisation du flash, la vitesse d'obturation doit être réglée sur 1/125 de seconde, avec une ouverture de f22 pour une acquisition appropriée de la profondeur de champ et évite certains problèmes nuisibles liés à la diffraction.

La sensibilité du capteur doit être réglée à 100 ISO et le format d'image défini sur RAW. L'anneau externe ou le flash latéral doit être réglé à la puissance maximale (1/1) en mode manuel.

Ce protocole permet d'obtenir une mesure de couleur la plus standardisée possible avec des réglages prédéterminés, et ainsi avoir une communication objective entre le praticien et le laboratoire qui utilisent un matériel souvent différent.

On peut retranscrire ces réglages dans cette étude pour obtenir des mesures entre les différents échantillons dans des conditions les plus proches possibles.

## 4.2 Matériel et méthode

### 4.2.1 Préparation des échantillons

Les critères d'inclusion étaient : incisives centrales maxillaires extraites pour raison parodontologique ou d'un délabrement très important tout en respectant l'indication d'une RMIPP pour la reconstitution.

Le critère d'exclusion était : dents fortement délabrées nécessitant la réalisation d'une RCR coulée pour la reconstitution.

Au total, quinze dents ont été sélectionnées et ensuite réparties aléatoirement dans trois groupes de cinq dents :

1. Dans le 1<sup>er</sup> groupe appelé TT, les dents sont reconstituées avec un tenon translucide radio-opaque composé de fibres de verre noyées dans une matrice polymère à base de résine UDMA (uréthane diméthacrylate) de la gamme d'ancrage radiculaire corporis d'Exotec® (Fig.18).
2. Dans le 2<sup>e</sup> groupe appelé TO, les RMIPP sont réalisées avec un tenon blanc/opaque radio-opaque composé de fibres de verre et d'une matrice polymère à base de résine epoxy de la gamme d'ancrage radiculaire corporis d'Exotec® (Fig.19).
3. Dans le 3<sup>e</sup> groupe appelé ST, les RMIPP sont réalisées sans tenon, il servira de groupe témoin.



Figure 18 : exemple de tenon en fibres de verre translucide (image issue de [www.dentirox.com](http://www.dentirox.com))



Figure 19 : exemple de tenon en fibres de verre opaque (image issue de [www.exotec-dentaire.com](http://www.exotec-dentaire.com))

La préparation des échantillons a été faite comme suit :

- Pour chacune des dents, une radiographie rétro-alvéolaire a été réalisée pour évaluer la longueur de travail et la difficulté du traitement endodontique (Fig. 20).

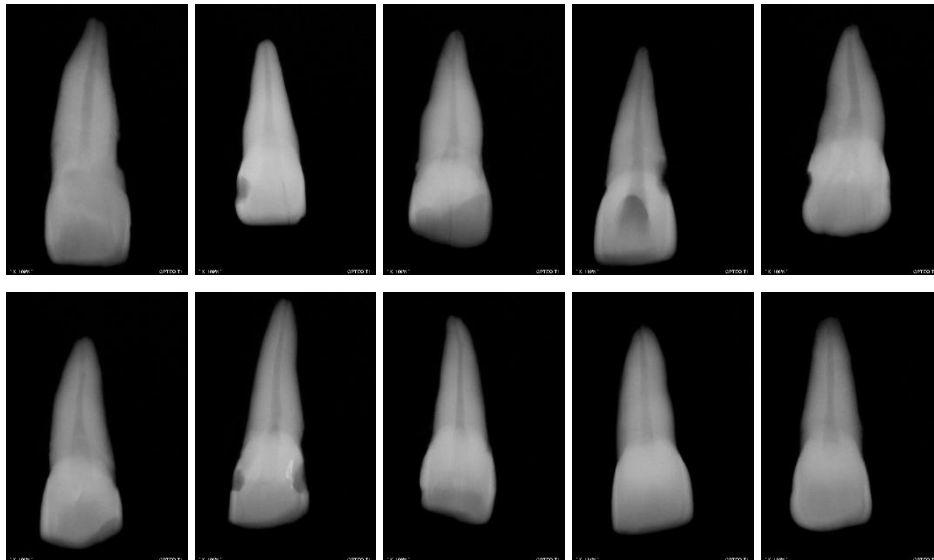


Figure 20 : images radiographiques pré-opératoires

- Toutes les dents ont été préparées afin qu'elles répondent à l'indication d'une RMIPP (laisser une férule périphérique de 2 mm), section horizontale à 4 mm de la limite émail/cément en vestibulaire avec un disque diamanté sur dremel® (Fig. 21).



Figure 21 : photo des dents sectionnées avec le disque diamanté

- Le traitement endodontique a été réalisé à l'aide de l'instrumentation mécanique du protocole Hero Shaper®. La réalisation de l'obturation a été faite par thermo-compactage (gutta condensor, Dentsply®). L'évaluation de la conformité du traitement endodontique a été réalisée avec des radios rétro-alvéolaires pour vérifier la longueur, densité, homogénéité, comme présenté en figure 22.

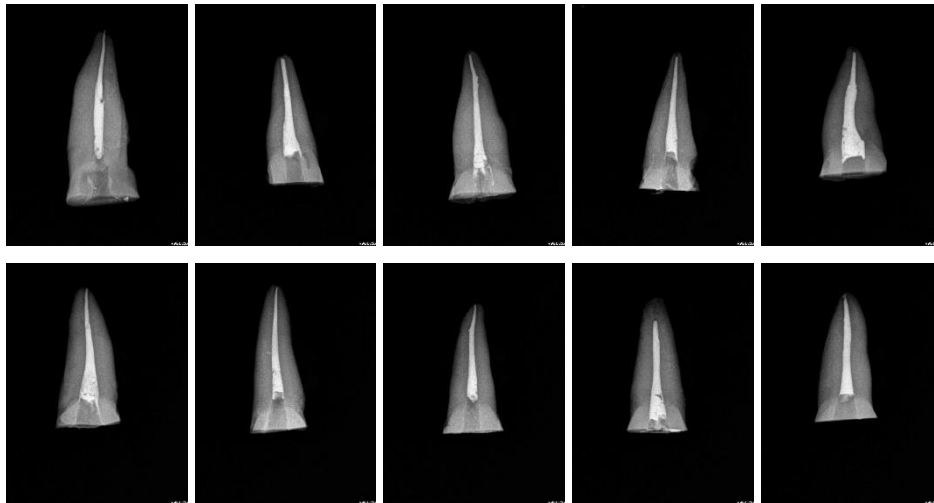


Figure 22 : Images radiographiques post-obturations

- Enfin, la réalisation d'une préparation périphérique à l'aide d'une fraise diamantée bague verte congé quart de rond (réf : 6856, diamètre 014, Komet®) sur contre angle bague rouge (W&H®) sous irrigation a été faite par le même opérateur.

Les reconstitutions corono-radicaux ont été préparées comme suit :

#### 1- Préparation du logement intra-radicaire :

Le logement canalaire est préparé en laissant au minimum 4 mm d'obturation pour garantir l'étanchéité canalaire. La longueur de forage est définie avec la radio d'obturation.

Le logement intra-radicaire a été réalisé avec une séquence instrumentale associant tour à tour des forêts de gates (Dentsply®) puis des forêts largo (Dentsply®) et enfin des forêts du séquenceur MF UDMA d'Exotec® diamètre : 1,2 mm (séquence jaune, même si dans certains cas le diamètre aurait dû être augmenté mais nous avons préféré garder le même pour tous les échantillons dans un souci d'homogénéité).

## 2- Nettoyage intra-canalair :

Un nettoyage minutieux des parois intra-coronaires et intra-radicales a été réalisé à l'aide d'un insert à ultrasons puis par le passage successif d'une solution d'EDTA liquide (Salvizol, Acteon®), d'hypochlorite de sodium 2,5% (2mL pour chaque dent), et séchées à l'aide de pointes de papier (Dentsply®).

## 3- Contrôle radiographique :

Une radiographie du tenon en place dans son logement permet de vérifier la longueur de préparation du logement et l'élimination complète de gutta au niveau des parois, comme illustré en figure 23.

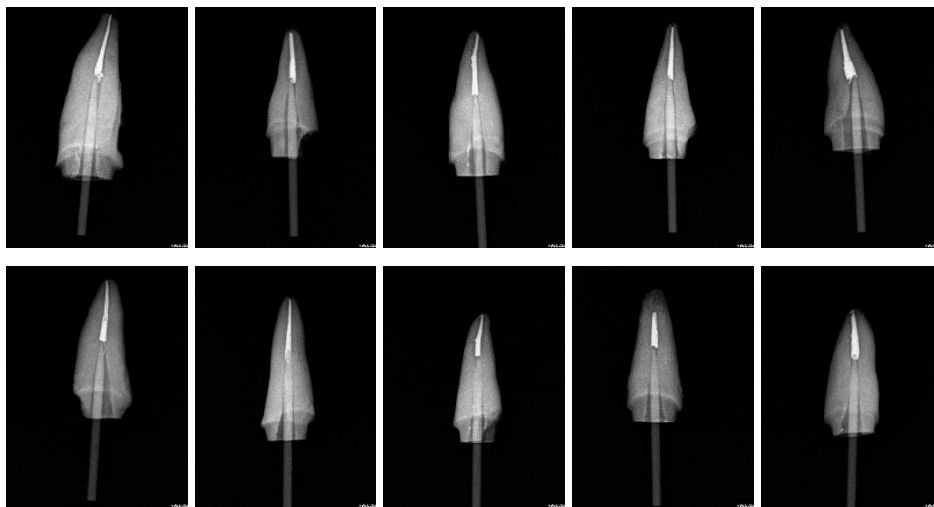


Figure 23 : images radiographiques tenon en place

## 4- Préparation du tenon :

Après cet essayage, le tenon a été coupé afin qu'il dépasse de 4 mm de la cavité d'accès. Il a été dégraissé dans une solution d'alcool. Une couche de silane permettant l'adhésion du composite de restauration sur le tenon a été appliquée à l'aide d'un pinceau jetable puis séchée à l'aide de la seringue à air pendant 5 secondes.

#### 5- Mise en place du tenon et du composite de reconstitution :

Dans les logements canalaires et caméraux, un adhésif auto-mordant a été appliqué. Il s'agit des liquides A et B du OX-bond se2 (Exotec®) (adhésif amélo-dentinaire auto-mordant à prise duale) qui ont été mélangés avec un ratio 1/1 pendant 5 à 10 secondes à l'abri de la lumière. L'application a été vigoureuse pendant 30 secondes à l'aide d'un pinceau fin, puis la cavité a été séchée délicatement pendant 10 secondes avec la seringue à air.

Des pointes de papiers sont utilisées pour finir d'éliminer les excès d'adhésif. Après cette application, une lampe à photopolymériser LED B (Woodpecker®) avec une puissance de 1000 mW/cm<sup>2</sup> a éclairé pendant 20 secondes les surfaces afin d'activer la polymérisation de l'adhésif.

Le composite de reconstitution Poly-core hd (Exotec®) est déposé dans le canal à l'aide d'un embout applicateur fin. Le tenon est ensuite positionné et l'ensemble est photopolymérisé pendant 30 secondes avec la même lampe à photopolymériser. La partie coronaire est ensuite montée par ajout de composite. Une photopolymérisation finale est réalisée sur chaque face pendant au moins 10 secondes.

Puis la reconstitution a été taillée au niveau de la face palatine avec la fraise utilisée précédemment pour que l'épaisseur de composite au niveau du tiers moyen soit à peu près égale à 3 mm, mesurée à l'aide d'un compas d'épaisseur.

Les dents ont été conservées dans une solution de chloramine-T à 1% pour éviter la déshydratation et les photos ont été prises 3 jours après la réalisation des préparations.

### **4.2.2 Photographies des échantillons**

#### **4.2.2.1 Exactitude et répétabilité des mesures de la couleur**

Il est nécessaire pour pouvoir comparer 2 couleurs entre elles d'avoir les mêmes conditions d'observation, d'éclairage et de mesure [38].

L'exactitude est obtenue par une mesure la plus proche de la valeur vraie.

La balance des blancs réglée automatiquement peut être problématique. Il est recommandé d'utiliser une carte de référence avec coordonnées de couleur connues pour une meilleure exactitude des couleurs [43].

Sampaio *et coll.* [43] ont conclu de leur étude que l'utilisation d'un filtre de polarisation croisée était le meilleur moyen d'obtenir des photographies plus réalistes en couleur. Il élimine la lumière diffuse et les réflexions indésirables causées par le flash qui peuvent obscurcir des détails dans les dents.

La répétabilité est obtenue grâce à l'ensemble du processus de mesure. Il faut standardiser la chaîne d'acquisition en utilisant le même matériel, le même opérateur, les mêmes conditions environnementales et la même distance objectif/objet [64].

Des réglages identiques de l'appareil photo pour les différents clichés tels que l'exposition, la balance des blancs, la vitesse d'ouverture et la résolution permettent cette standardisation.

Une photographie équilibrée en blanc, réalisée avec un appareil photo avec flash et filtre polarisant et une carte de référence grise est optimale, ce qui permet de standardiser l'acquisition et d'objectiver l'analyse des couleurs au maximum [43].

Le format RAW serait nécessaire pour la communication avec le laboratoire puisqu'il utilise un appareil photo avec des réglages différents mais dans cette étude les photos sont réalisées exactement dans les mêmes conditions environnementales donc le fichier JPEG est suffisant car peu de réglages seront à faire en post traitement sur un logiciel.

#### **4.2.2.2 Réalisation des clichés**

**Pour cette étude, ont été utilisés (Fig. 40) :**

- Appareil photo Nikon D7500®
- filtre polarisant polar\_eyes®
- distance de 20 cm entre l'objectif de l'appareil et l'échantillon,
- réglage de la balance des blancs avec une carte de référence grise à 18% white\_balance®

- réglage de du boitier de l'appareil : vitesse d'obturation 1/125 seconde, ouverture f22, ISO 100,
- flash 1/1 mode manuel AF-S micro nikkor 105mm, Nikon®

Plusieurs photos du même échantillon à des moments différents ont été réalisées pour vérifier la précision du montage, notamment la stabilité de l'intensité lumineuse.

Tous ces réglages ont permis des mesures de couleur dans un environnement identique entre les différents échantillons et ont évité le métamérisme (variation de la couleur en fonction de l'environnement).

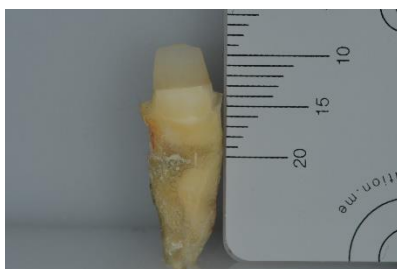


Figure 24 : photo de  
l'échantillon n°1 avec la  
carte des gris



Figure 25 : photo de  
l'échantillon n°1 (TT)



Figure 26 : photo de  
l'échantillon n°2 (TT)



Figure 27 : photo de  
l'échantillon n°3 (TT)



Figure 28 : photo de  
l'échantillon n°4 (TT)



Figure 29 : photo de  
l'échantillon n°5 (TT)



Figure 30 : photo de  
l'échantillon n°6 (TO)



Figure 31 : photo de  
l'échantillon n°7 (TO)



Figure 32 : photo de  
l'échantillon n°8 (TO)



Figure 33 : photo de  
l'échantillon n°9 (TO)



Figure 34 : photo de  
l'échantillon n°10 (TO)



Figure 35 : photo de  
l'échantillon n°11 (ST)



Figure 36 : photo de  
l'échantillon n°12 (ST)



Figure 37 : photo de  
l'échantillon n°13 (ST)



Figure 38 : photo de  
l'échantillon n°14 (ST)



Figure 39 : photo de  
l'échantillon n°15 (ST)

Les photos ont été réalisées dans une pièce dépourvue de lumière naturelle avec uniquement l'éclairage du flash pour éviter une variation de la source lumineuse entre les différentes prises.

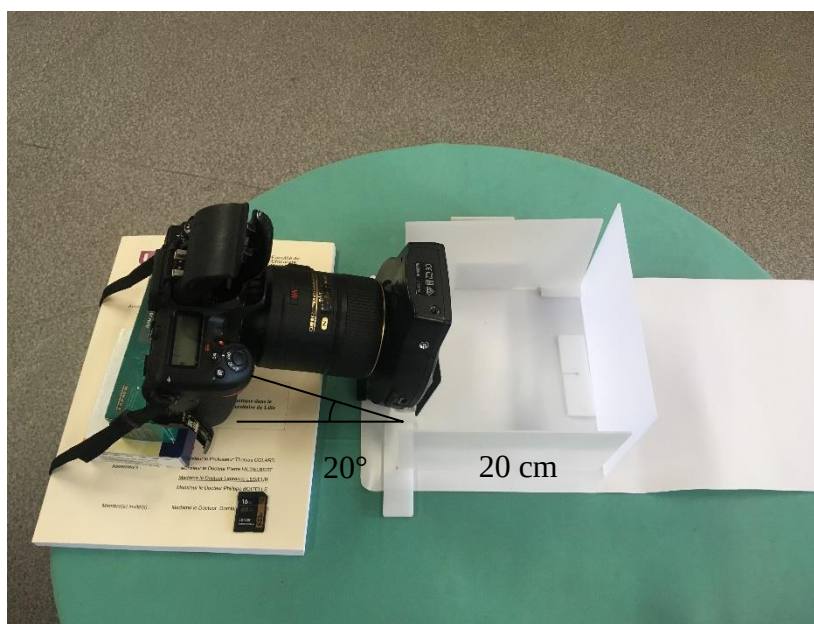


Figure 40 : dispositif utilisé pour réaliser les photographies

### 4.2.3 Analyse des photographies et mesure de la couleur des échantillons

Les photos ont été importées dans la bibliothèque du logiciel Adobe Lightroom CC® selon les recommandations de Çal *et coll.* [64]. Dans leurs travaux, ce logiciel est décrit comme fiable pour l'analyse de la couleur des images dans des conditions environnementales constantes.

Les photos ont été transférées sur le module développement du logiciel pour régler la balance des blancs et l'exposition.

Une photo a été réalisée avec une carte de gris neutre en couleur (white\_balance®) qui a permis de régler la balance des blancs grâce à un outil du logiciel en ciblant une zone sur cette carte (Fig. 41). Puis nous avons appliqué ces mêmes réglages pour toutes les photos.

Des variations de luminosité entre les photos peuvent être observées. Plusieurs facteurs sont à l'origine de ces variations comme un déchargement de la batterie du flash par exemple. Il est donc important de procéder à la correction de la luminosité ou à la balance d'exposition. Pour se faire il faut ajuster l'exposition jusqu'à ce qu'il y ait une correspondance de la valeur  $L^*$  sur l'histogramme avec la valeur connue de la carte de gris :  $L^*79$ .

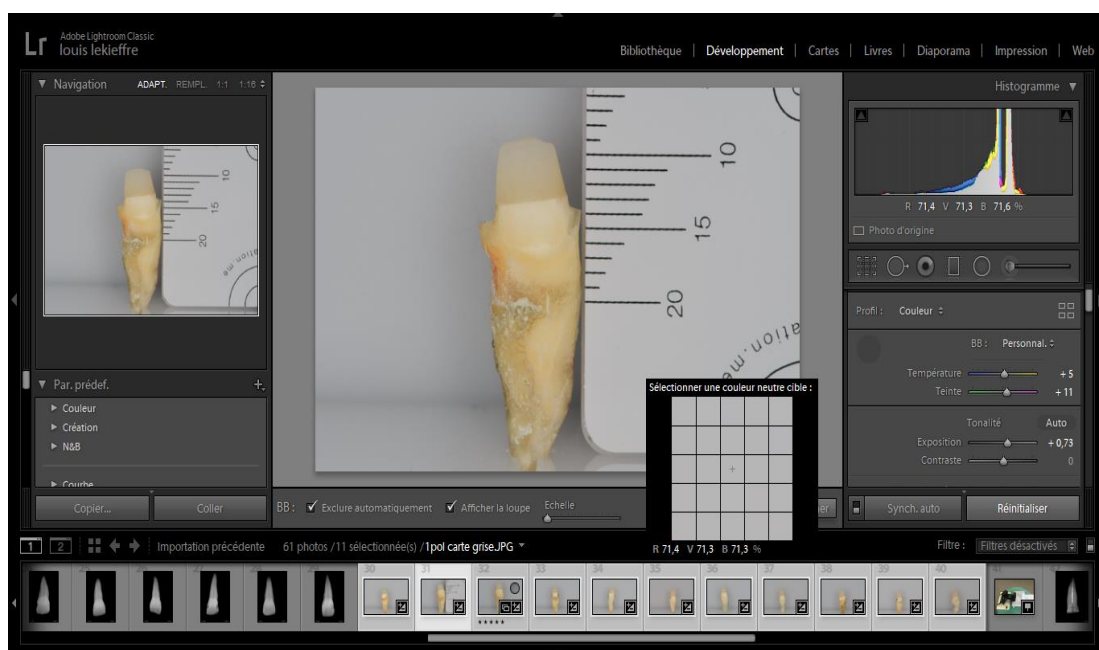


Figure 41 : copie écran du logiciel Lightroom Classic®

Le logiciel Classic Color Meter® a été utilisé pour obtenir les valeurs  $L^*$   $a^*$   $b^*$  de chaque échantillon en définissant une fenêtre de mesure sur le tiers moyen de la reconstitution (au niveau du tiers incisif la couleur aurait été trop influencée par l'arrière-plan) (Fig. 42).

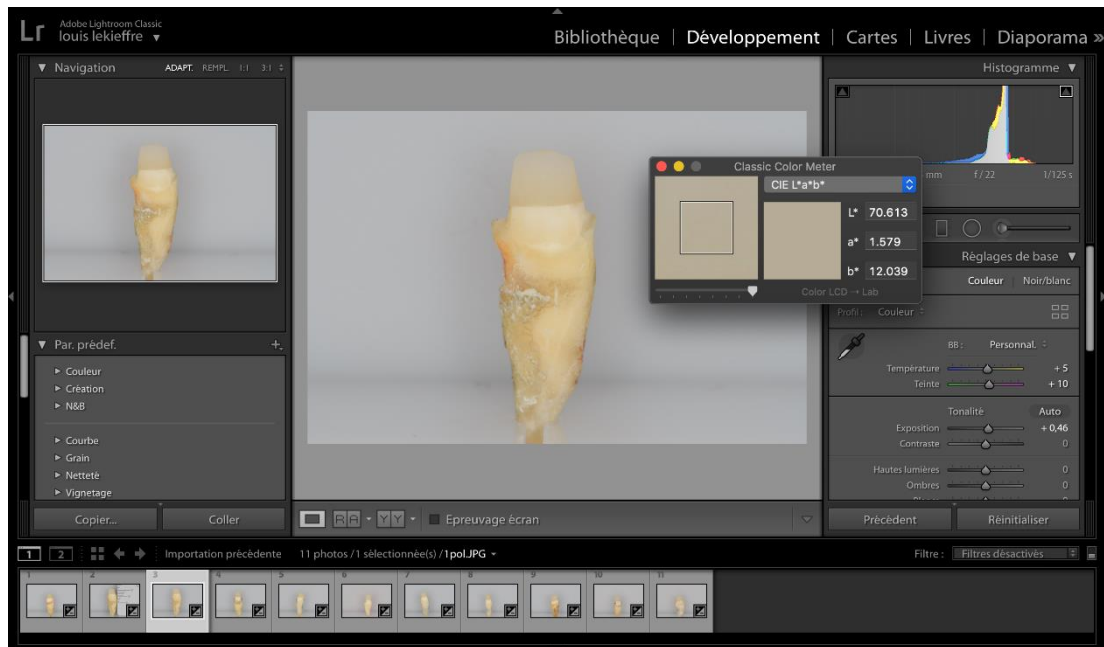


Figure 42 : copie écran du logiciel Classic Color Meter®

La reproductibilité a été établie en analysant 3 photos du même échantillon à des moments différents et en calculant la différence de couleur entre les 3 (Fig. 43-44-45).

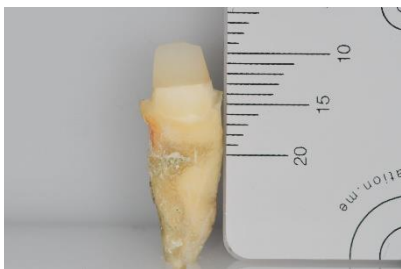


Figure 43 : photo n°1 de l'échantillon 1



Figure 44 : photo n°1bis de l'échantillon 1



Figure 45 : photo n°1ter de l'échantillon 1

### 4.3 Résultats

Les résultats des analyses photographiques ont été reportés dans le tableau ci-dessous (Tableau 4).

Tableau 4 : coordonnées L\*a\*b\* des 15 échantillons

| Coordonnées<br>L*a*b* | L*    | a*    | b*   |
|-----------------------|-------|-------|------|
| TT                    | 1     | 75,20 | 1,85 |
|                       | 1 bis | 75,04 | 1,99 |
|                       | 1 ter | 75,03 | 1,89 |
|                       | 2     | 76,46 | 2,51 |
|                       | 3     | 74,13 | 1,78 |
|                       | 4     | 73,88 | 2,43 |
|                       | 5     | 74,06 | 3,23 |
| TO                    | 6     | 76,27 | 0,91 |
|                       | 7     | 75,95 | 1,35 |
|                       | 8     | 75,26 | 1,70 |
|                       | 9     | 74,83 | 1,15 |
|                       | 10    | 75,51 | 3,09 |
|                       | 11    | 74,46 | 2,54 |
| ST                    | 12    | 74,13 | 2,31 |
|                       | 13    | 75,34 | 2,04 |
|                       | 14    | 72,87 | 2,81 |
|                       | 15    | 73,09 | 2,39 |

### Calcul des valeurs moyennes L\*a\*b\* de chaque groupe :

Valeurs moyennes du groupe TT :

$L^* = 74,746$  ;  $a^* = 2,36$  ;  $b^* = 17,432$

Valeurs moyennes du groupe TO :

$L^* = 75,564$  ;  $a^* = 1,64$  ;  $b^* = 21,954$

Valeurs moyennes du groupe ST :

$L^* = 73,98$  ;  $a^* = 2,418$  ;  $b^* = 15,394$

### Analyse statistique :

L'analyse de la variance (ANOVA) à un facteur permet de vérifier si la différence des moyennes des valeurs L\*a\*b\* entre chaque groupe est significative et n'est pas due au hasard.

Le logiciel Excel (Microsoft®) a été utilisé pour réaliser cette analyse en rentrant les mesures pour chaque échantillon. Si la probabilité obtenue est inférieure au seuil de signification  $\alpha=0,05$ , l'hypothèse nulle : il n'y a pas de différence significative entre les moyennes de chaque groupe, est rejetée.

### Analyse de la variance de la mesure L\* (Fig.46) :

| Analyse de variance: un facteur |                      |                  |            |            |             |                        |
|---------------------------------|----------------------|------------------|------------|------------|-------------|------------------------|
| RAPPORT DÉTAILLÉ                |                      |                  |            |            |             |                        |
| Groupes                         | Nombre d'échantillon | Somme            | Moyenne    | Variance   |             |                        |
| TT                              | 5                    | 373,73           | 74,746     | 1,18598    |             |                        |
| TO                              | 5                    | 377,82           | 75,564     | 0,32038    |             |                        |
| ST                              | 5                    | 369,89           | 73,978     | 1,03167    |             |                        |
| ANALYSE DE VARIANCE             |                      |                  |            |            |             |                        |
| Source des variations           | Somme des carrés     | Degré de liberté | Variance   | F          | Probabilité | Valeur critique pour F |
| Entre Groupes                   | 6,29057333           | 2                | 3,14528667 | 3,71778899 | 0,0553991   | 3,88529383             |
| A l'intérieur                   | 10,15212             | 12               | 0,84601    |            |             |                        |
| Total                           | 16,4426933           | 14               |            |            |             |                        |

Figure 46 : feuille de calcul de l'analyse de la variance de la mesure L\* sur Excel

La probabilité obtenue est de 0,0553991, elle est supérieure au seuil de signification : 0,05. On ne peut donc pas rejeter l'hypothèse nulle. La différence des moyennes des mesures L\* de chaque groupe n'est pas significative à un seuil de signification de 5%.

Analyse de la variance de la mesure a\* (Fig.47) :

| Analyse de variance: un facteur |               |       |            |            |            |            |
|---------------------------------|---------------|-------|------------|------------|------------|------------|
| RAPPORT DÉTAILLÉ                |               |       |            |            |            |            |
| Groupes                         | bre d'échanti | Somme | Moyenne    | Varianc    |            |            |
| TT                              | 5             | 11,8  | 2,36       | 0,3452     |            |            |
| TO                              | 5             | 8,2   | 1,64       | 0,7408     |            |            |
| ST                              | 5             | 12,09 | 2,418      | 0,08097    |            |            |
| ANALYSE DE VARIANCE             |               |       |            |            |            |            |
| Entre Groupe                    | 1,87841333    | 2     | 0,93920667 | 2,41447509 | 0,13144538 | 3,88529383 |
| A l'intérieur                   | 4,66788       | 12    | 0,38899    |            |            |            |
| Total                           | 6,54629333    | 14    |            |            |            |            |

Figure 47 : feuille de calcul de l'analyse de la variance de la mesure a\* sur Excel

La probabilité obtenue est de 0,13144538, la différence de moyenne des mesures a\* entre chaque groupe n'est pas significative avec un seuil de signification  $\alpha < 0,05$ .

Analyse de la variance de la mesure b\* (Fig.48) :

| Analyse de variance: un facteur |               |        |            |            |            |            |
|---------------------------------|---------------|--------|------------|------------|------------|------------|
| RAPPORT DÉTAILLÉ                |               |        |            |            |            |            |
| Groupes                         | bre d'échanti | Somme  | Moyenne    | Varianc    |            |            |
| TT                              | 5             | 87,16  | 17,432     | 0,84577    |            |            |
| TO                              | 5             | 109,77 | 21,954     | 5,92083    |            |            |
| ST                              | 5             | 78,97  | 15,794     | 1,71578    |            |            |
| ANALYSE DE VARIANCE             |               |        |            |            |            |            |
| Entre Groupe                    | 101,795213    | 2      | 50,8976067 | 18,0011766 | 0,00024407 | 3,88529383 |
| A l'intérieur                   | 33,92952      | 12     | 2,82746    |            |            |            |
| Total                           | 135,724733    | 14     |            |            |            |            |

Figure 48 : feuille de calcul de l'analyse de la variance de la mesure b\* sur Excel

La probabilité obtenue est de 0,00024407, la différence de moyenne des mesures  $b^*$  entre chaque groupe est significative avec un seuil de signification  $\alpha < 0,05$ , et n'est pas due au hasard.

L'ANOVA permet de prouver qu'il existe une différence entre les moyennes mais n'apporte pas d'informations précises sur les moyennes concernées.

Un test de Tukey a été utilisé pour définir précisément les moyennes significativement différentes à l'aide du logiciel XLSTAT® (Fig.49).

Deux moyennes ayant une lettre en commun ne sont pas significativement différentes.

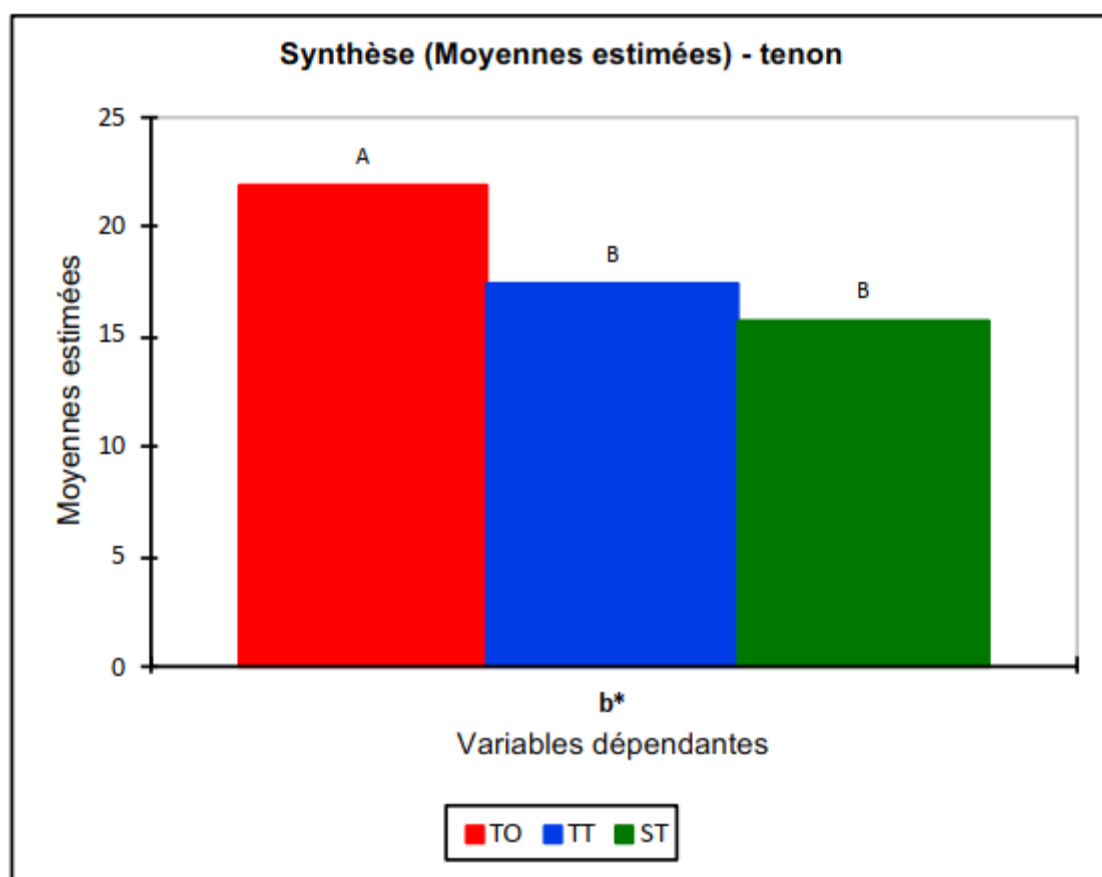


Figure 49 : graphique représentant les moyennes de la valeur  $b^*$  pour chaque groupe, ainsi que l'analyse du test de Tukey

Les moyennes de la variable  $b^*$  des groupes TT et ST ne sont pas significativement différentes puisqu'elles ont une lettre en commun, contrairement à la moyenne TO qui est significativement différente de TT et ST.

La différence de couleur entre TT/TO et TO/ST a été calculée grâce à l'équation :  $\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$  [45,53,62].

$\Delta L^*$  = différence entre les moyennes  $L^*$  des groupes

$\Delta a^*$  = différence entre les moyennes  $a^*$  des groupes

$\Delta b^*$  = différence entre les moyennes  $b^*$  des groupes

$$\Delta E^* \text{ TT/TO} = 4,65$$

$$\Delta E^* \text{ TO/ST} = 6,79$$

La différence de couleur entre les 3 photos de l'échantillon 1 (Fig.43-44-45) a été calculée pour vérifier la reproductibilité :

$$\Delta E^* \text{ 1/1bis} = 0,36$$

$$\Delta E^* \text{ 1/ter} = 0,81$$

$$\Delta E^* \text{ 1bis/1ter} = 0,51$$

## 4.4 Discussions

Cette étude a simulé une situation clinique dans laquelle des dents ont été reconstituées avec un tenon transparent et d'autres avec un tenon opaque. L'influence du type de tenon fibré sur la couleur du composite de restauration utilisé a été évaluée par la mesure colorimétrique des deux échantillons après analyse photographique.

Déterminer la différence de couleur entre 2 groupes à échantillons a peu de signification si on ne connaît pas la valeur à partir de laquelle cette différence est visuellement perceptible et inacceptable [64].

Lorsque la valeur  $\Delta E$  de 2 couleurs est inférieure à 1, elles peuvent être jugées correspondantes. Lorsque  $1 < \Delta E < 2$  les observateurs ne différencient pas forcément les 2 couleurs. Et  $\Delta E > 2$  tous les observateurs peuvent détecter une différence entre les 2 couleurs.  $\Delta E > 3,7$  est considérée comme cliniquement inacceptable [65].

Il semblerait donc que dans cette étude la couleur du composite de restauration ait été influencée par le tenon opaque mais pas par le tenon translucide, et que la différence entre les 2 tenons soit cliniquement perceptible voir inacceptable. Ces résultats sont en accord avec ceux de Ayna *et coll.* [66] qui ont noté une différence significative de la couleur du composite de reconstitution entre deux tenons « esthétiques » ; un en Zircon et un en fibre de polyéthylène.

La reproductibilité est bonne puisque la différence de couleurs entre les trois photos du même échantillon est  $<1$ , donc les couleurs peuvent être jugées correspondantes.

Les limites de l'étude sont :

- L'imprécision de l'épaisseur du composite au niveau du tiers médian qui a varié entre les différents échantillons et a influencé la translucidité de la RMIPP et modifié sa couleur.
- La standardisation des photos peut être remise en cause par un déchargement du flash et la nécessité de changer de piles entre les différents clichés, même si l'exposition a été réglée en post-traitement.
- Des variations de lumière dans la salle puisque les photos n'ont pas été réalisées dans une boîte noire.
- La différence de couleur des substrats dentaires entre les différents échantillons a eu une influence sur les interactions lumineuses avec la RMIPP.
- Réalisée in vitro.
- Nombre trop faible d'échantillons.
- L'imprécision de la fenêtre de mesure entre les différents échantillons.

Les résultats sont contradictoires avec l'étude de Sailer *et coll.* [23] puisqu'ils n'avaient pas démontré de différence de couleur de la RMIPP entre des tenons fibrés blancs et des tenons en zircon de couleur claire. Cela peut être expliqué par une différence dans la méthodologie. Ils ont réalisé les mesures à l'aide d'un spectrophotomètre qui est peut-être moins influencé par différents réglages et les conditions environnementales, les mesures fournies sont plus facilement reproductibles. Mais ils ont testé deux types de tenons blancs, alors que dans cette étude des tenons translucides et des tenons blancs/opaque ont été analysés.

Lorsqu'on sélectionne un composite pour reconstituer le moignon, on prend en compte la couleur du substrat dentaire restant et des dents adjacentes, donc l'idéal serait que le tenon influence le moins possible la couleur du composite sélectionné. Réaliser des mesures colorimétriques avant et après la pose du tenon permettrait de quantifier son influence sur la couleur de la racine.

De plus, il serait intéressant de réaliser d'autres études *in vivo* pour être plus proche des conditions réelles, avec des résines composites aux propriétés optiques diverses, ainsi qu'avec une reconstitution prothétique plus ou moins opaque. Réaliser des études *in vitro* avec la même couleur de substrat dentaire et la même épaisseur de composite supprimerait ces 2 variables qui influencent la couleur de la reconstitution.

## 4.5 Conclusion

Dans les limites de l'étude, il peut être conclu que l'opacité d'un tenon fibré a une influence significative sur la couleur de la RMIPP, contrairement au tenon fibré translucide qui n'a pas eu d'impact sur la couleur de la reconstitution.

La RMIPP est recouverte par une reconstitution prothétique. Il serait donc intéressant d'en tenir compte dans une étude et réaliser des analyses colorimétriques pour voir si cette variation de couleur peut aussi être observée après la pose d'une couronne.

Les études de Czigola *et coll.* [58] et De Azevedo Cubas *et coll.* [60] ont été réalisées sur le sujet et ont démontré qu'en dessous d'une épaisseur de 1,5/2 mm et en fonction de l'opacité de la céramique celle-ci était influencée par la couleur du substrat sous-jacent.

*In vivo*, la différence de couleur entre une restauration esthétique et les dents adjacentes est perçue comme plus faible que si elles étaient considérées séparément. Ce phénomène est décrit comme « l'effet caméléon », avec comme termes scientifiques : l'induction, l'assimilation et le mélange de couleurs. Ainsi, les mesures instrumentales peuvent ne pas refléter exactement le résultat esthétique final et la différence de couleur perçue dans cette étude pourrait ne pas être significative dans des conditions *in vivo* [41].

## Conclusion générale

La réhabilitation du secteur antérieur, et plus particulièrement la réhabilitation d'une incisive centrale maxillaire, reste l'un des actes le plus difficile dans la pratique du chirurgien-dentiste.

La recherche de l'esthétisme ne consiste pas à trouver le matériau le plus clair ou translucide possible. Il faut trouver une harmonie, un biomimétisme avec les dents naturelles adjacentes. Pour se faire, nous avons à disposition de nombreux matériaux avec des propriétés très diverses pour essayer d'imiter au mieux les différentes structures naturelles de la dent. Il faut essayer de prévoir le résultat avec une combinaison de matériaux aux propriétés optiques différentes et de prévoir leurs interactions entre eux. Utiliser un tenon et un composite de la couleur des dents naturelles adjacentes pourrait être une solution à envisager et à évaluer dans des études ultérieures.

Dans ces circonstances, il convient de respecter une démarche clinique raisonnée. La 1<sup>re</sup> étape de la reconstitution serait d'essayer d'obtenir un substrat dentaire le plus clair possible, en harmonie avec les dents adjacentes, par un éclaircissement interne. Puis sélectionner un composite de reconstitution proche de la couleur des dents adjacentes. Ensuite utiliser un tenon fibré translucide si la différence de couleur entre les tissus résiduels et les dents adjacentes est faible ou utiliser un tenon opaque si elle est importante. Enfin, transmettre au laboratoire la couleur du substrat et des dents adjacentes à l'aide de photographies pour trouver le meilleur compromis quant à la sélection de céramique à utiliser, et ainsi obtenir un résultat le plus proche possible des dents naturelles.

Il serait intéressant de réaliser d'autres études dans des conditions plus proches de la réalité, in vivo par exemple, et d'analyser l'influence de la couleur des tissus résiduels sur celle de la restauration avec une reconstitution prothétique pour voir s'il existe une réelle influence du tenon sur la couleur finale de la couronne céramo-céramique. Les tenons fasciculés sont une solution très prometteuse, des études sur leurs propriétés optiques permettrait de vérifier leur esthétisme et d'en faire une solution à privilégier.

Il est important quand de nouveaux matériaux arrivent sur le marché de réaliser des études d'évaluation pour vérifier les bénéfices annoncés.

# REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Alves Morgan LFDS, Pinotti MB, Ferreira FM, Gomes GM, Silva GC, Albuquerque RC, Moreira AN. Influence of light transmission through fiber posts : quantitative analysis, microhardness, and bond strenght of a resin cement. Indian J Dent Res. 2018 ; 29(1) : 74-80
2. Meyenberg K. The ideal restoration of endodontically treated teeth, structural and esthetic considerations : a review of the literature and clinical guidelines for the restorative clinician. Eur J Esthet Dent. 2013 ; 8(2) : 238-68
3. Seguela V, D'Incau E. Les restaurations corono-radicaire du continuum biomécanique au continuum optique. L'information dentaire 2015 ; 29
4. Dietschi D, Duc O, Krejci I, Sadan A. Biomechanical considerations for the restoration of endodontically treated teeth : a systematic review of the literature, Part II (Evaluation of fatigue behavior, interfaces, and in vivo studies). Quintessence Int. 2008 ; 39(2) : 117-29
5. Chan CP, Lin CP, Tseng SC, Jeng JH. Vertical root fracture in endodontically versus nonendodontically treated teeth : a survey of 315 cases in Chinese patients. Oral Surg. 1999 ; 87(4) : 504-7
6. Tamse A, Zilburg I, Halpern J. Vertical root fractures in adjacent maxillary premolars : an endodontic-prosthetic perplexity. Int Endod J. 1998 ; 31(2) : 127-132
7. Faria AC, Rodrigues RC, de Almeida Antunes RP, de Mattos Mda G, Ribeiro RF. Endodontically treated teeth : characteristics and considerations to restore them. J Prosthodont Res. 2011 ; 55(2) : 69-74
8. Tirlet G, Bukiet F, Attal JP. Traitement de la dent dépulpée antérieure : une approche graduée. Réal Clin. 2011 ; 22(1) : 33-41
9. Carvalho MA, Lazari PC, Gresnigt M, Del Bel Cury AA, Magne P. Current options concerning the endodontically-treated teeth restorations with the adhesive approach. Braz Oral Res. 2018 ; 32 : e74
10. Ausiello P, Ciaramella S, Martorelli M, Lanzotti A, Zarone F, Watts DC, Gloria A. Mechanical behaviour of endodontically restored canine teeth : Effects of ferrule, post material and shape. Dent Mater. 2017 ; 33(12) : 1466-1472
11. Juloski J, Radovic I, Goracci C, Vulicevic ZR, Ferrari M. Ferrule effect : a literature review. J Endod. 2012 ; 38(1) : 11-9
12. Akkayan B. An in vitro study evaluating the effect of ferrule lenght on fracture resistance of endodontically treated teeth restored with fiber-reinforced and zirconia dowel systems. J Prosthet Dent. 2004 ; 92(2) : 155-62

13. Assila L, Loubna EL F, Soualhi H, EL Yamani A. When metallic post and core restoration is inevitable. *Actual Odonto-Stomatol.* 2014 ; 269 :16-21
14. Koubi S, Weissrock G, Tassery H, Brouillet JL. Reconstitutions corono-radiculaires collées fibrées qu'en est-il ? *Information dentaire.* 2008 ; 25 : 1382-93
15. Vieira C, Silva-Sousa YT, Pessarello NM, Rached-Junior FA, Souza-Gabriel AE. Effect of high concentrated bleaching agents on the bond strenght at dentin/resin interface and flexural strenght of dentin. *Braz Dent J.* 2012 ; 23(1) : 28-35
16. De Oliveira DP, Teixeira EC, Ferraz CC, Teixeira FB. Effect of intracoronary bleaching agents on dentin microhardness. *J Endod.* 2007 ; 33(4) : 460-2
17. Jung RE, Sailer I, Hammerle CH, Attin T, Schmidlin P. In vitro color changes of soft tissues caused by restorative materials. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2007 ; 27(3) : 251-7
18. Parcina I, Amizic, Baraba J. Esthetic intracanal posts. *Acta Stomatol Croat.* 2016. 50(2) : 143-150
19. Akkayan B, Gulmez T. Resistance to fracture of endodontically treated teeth restored with different post systems. *J Prosthet Dent.* 2002 ; 87(4) : 431-7
20. Turp JC, Heydecke G, Krastl G, Pontius O, Antes G, Zitzmann NU. Restoring the fractured root-canal-treated maxillary lateral incisor : in search of an evidence-based approach. *Quintessence Int.* 2007 ; 38(3) : 179-91
21. Idrissi Janati A, El Yamani A, El Bernoussi J. Tenons en fibres de quartz et RCR esthétiques. *Actual Odonto-Stomatol.* 2008 ; 241 : 7-21
22. Li Q, Yu H, Wang YN. Spectrophotometric evaluation of the optical influence of core build-up composites on all-ceramic materials. *Dental Mater.* 2009 ; 25 : 158-65
23. Sailer I, Thoma A, Khraisat A, Jung RE, Hämmerle CH. Influence of white and gray endodontic posts on color changes of tooth roots, composite cores, and all-ceramic crowns. *Quintessence Int.* 2010 ; 41(2) : 135-44
24. Bataillon-Linez P, Linez M, Deveau E. Les RMIPPs à tenon fibré : quand, pourquoi, comment ? *Rev Odonto Stomat.* 2010 ; 39 : 187-209
25. Lamichhane A, Xu C, Zhang FQ. Dental fiber-post resin base material : a review. *J Adv Prosthodont.* 2014 ; 6(1) : 60-5
26. Pia J-P, Soenen A. Restaurations coronoradiculaires adhésives simplifiées. *Rev Odont Stomat.* 2013 ; 42 : 135-146
27. Goracci C, Ferrari M. Current perspectives on post systems : a literature review. *Aust Dent J.* 2011 ; 56(1) : 77-83
28. Goracci C, Corciolani G, Vichi A, Ferrari M. Light-transmitting ability of marketed fiber posts. *J Dent Res.* 2008 ; 87(12) : 1122-6

29. Clunet-Coste B, Bartala M, Maneuf B, Cieren C, et Sarrazin F. « Reconstitution corono-radicaire fibro-architecturée : intérêts des micro-tenons fasciculés ». *L'information Dentaire*. 2017 ; 15 : 16-25
30. Juloski J, Goracci C, Tsintsadze N, Carraba M, Vichi A, Vulicevic ZR, Ferrari M. Influence of luting agent translucency on fiber post retention. *Eur J Oral Sci*. 2015 ; 123(2) : 116-21
31. Galhano GA, de Melo RM, Barbosa SH, Zamboni SC, Bottino MA, Scotti R. Evaluation of light transmission through translucent and opaque posts. *Oper Dent*. 2008 ; 33(3) : 321-4
32. Furtos G, Baldea B, Silaghi-Dumitrescu L. Development of new radiopaque glass fiber posts. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*. 2016 ; 59 : 855-62
33. Lee YK. Translucency of human teeth and dental restorative materials and its clinical relevance. *J Biomed Opt*. 2015 ; 20(4) : 045002
34. Villarroel M, Fahl N, De Sousa AM, De Oliveira OB Jr. Direct esthetic restorations based on translucency and opacity of composite resins. *J Esthet Restor Dent*. 2011 ; 23(2) : 73-87
35. Raptis NV, Michalakis KX, Hirayama H. Optical behavior of current ceramic systems. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2006 ; 26(1) : 31-41
36. Lasserre JF. Les sept dimensions de la couleur des dents naturelles. *Clinic* 2007 ; 28 : 417-430
37. Joiner A. Tooth colour : a review of the literature. *J Dent*. 2004 ; 32 : 3-12
38. Johnston WM. Color measurement in dentistry. *J Dent*. 2009 ; 37 : e2-6
39. Lim HN, Yu B, Lee YK. Spectroradiometric and spectrophotometric translucency of ceramic materials. *J Prosthet Dent*. 2010 ; 104(4) : 239-46
40. Michalakis KX, Hirayama H, Sfolkos J, Sfolkos K. Light transmission of posts and cores used for the anterior esthetic region. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2004 ; 24(5) : 462-9
41. Lee YK. Translucency of human teeth and dental restorative materials and its clinical relevance. *J Biomed Opt*. 2015 ; 20(4) : 045002
42. Blatz MB, Chiche G, Bahat O, Roblee R, Coachman C, Heymann HO. Evolution of Aesthetic Dentistry. *J Dent Res*. 2019 ; 98(12) : 1294-1304
43. Sampaio CS, Atria PJ, Hirata R, Jorquera G. Variability of color matching with different digital photography techniques and a gray reference card. *J Prosthet Dent*. 2019 ; 121(2) : 333-339
44. Niu E, Agustin M, Douglas RD. Color match of machinable lithium disilicate ceramics : Effects of cement color and thickness. *J Prosthet Dent*. 2014 ; 111(1) : 42-50

45. Joiner A, Luo W. Tooth colour and whiteness : A review. *J Dent.* 2017 ; 67S : S3-S10
46. Jarad FD, Russell MD, Moss BW. The use of digital imaging for colour matching and communication in restorative dentistry. *Br Dent J.* 2005 ; 199(1) : 43-9.
47. Luo W, Naeeni M, Platten S, Wang J, Sun JN, Westland S, Joiner A. The in vitro and in vivo reproducibility of a video-based digital imaging system for tooth colour measurement. *J Dent.* 2017 ; 67S : S15-S19.
48. Elgendy H, Maia RR, Skiff F, Denehy G, Qian F. Comparison of light propagation in dental tissues and nano-filled resin-based composite. *Clin Oral Investig.* 2019 ; 23(1) : 423-433
49. Azzopardi N, Moharamzadeh K, Wood DJ, Martin N, van Noort R. Effect of resin matrix composition on the translucency of experimental dental composite resins. *Dent Mater* 2009 ; 25(12) : 1564-8
50. Rocha Maia R, Oliveira D, D'Antonio T, Qian F, Skiff F. Comparison of light-transmittance in dental tissues and dental composite restorations using incremental layering build-up with varying enamel resin layer thickness. *Restor Dent Endod.* 2018 ; 43(2) : e22
51. Lee YK. Criteria for clinical translucency evaluation of direct esthetic restorative materials. *Restor Dent Endod.* 2016 ; 41(3) : 159-66
52. Lee YK. Translucency changes of direct esthetic restorative materials after curing, aging, and treatment. *Restor Dent Endod.* 2016 ; 41(4) : 239-45
53. Chaiyabutr Y, Kois JC, Lebeau D, Nunokawa G. Effect of abutment tooth color, cement color, and ceramic thickness on the resulting optical color of a CAD/CAM glass-ceramic lithium disilicate-reinforced crown. *J Prosthet Dent.* 2011 ; 105(2) : 83-90
54. Lee YK. Translucency of dental ceramic, post and bracket. *Materials.* 2015 ; 8(11) : 7241-7249
55. Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM, Vargas MA. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part I : core materials. *J Prosthet Dent.* 2002 ; 88(1) : 4-9
56. Vichi A, Ferrari M, Davidson CL. Influence of ceramic and cement thickness on the masking of various types of opaque posts. *J Prosthet Dent.* 2000 ; 83(4) : 412-7
57. Mizrahi B. The anterior all-ceramic crown : a rationale for the choice of ceramic and cement. *Br Dent J.* 2008 ; 205(5) : 251-5
58. Czigola A, Abram E, Kovacs ZI, Marton K, Hermann P, Borbely J. Effects of substrate, ceramic thickness, translucency, and cement shade on the color of CAD/CAM lithium-disilicate crowns. *J Esthet Restor Dent.* 2019 ; 31(5) : 457-464
59. Etienne O, Hajto J. Les matériaux céramiques en « prothèse sans métal ». *Les cahiers de prothèse.* 2011 ; 155 : 5-13

60. De Azevedo Cubas GB, Camacho GB, Demarco FF, Pereira-Cenci T. The effect of luting agents and ceramic thickness on the color variation of different ceramics against a chromatic background. *Eur J Dent.* 2011 ; 5(3) : 245-52
61. Barao VA, Gennari-Filho H, Goiato MC, dos santos DM, Pesqueira AA. Factors to achieve aesthetics in all-ceramic restorations. *J Craniofac Surg.* 2010 ; 21(6) : 2007-12
62. Kumagai N, Hirayama H, Finkelman MD, Ishikawa-Nagai S. The effect of translucency of Y-TZP based all-ceramic crowns fabricated with difference substructure designs. *J Dent.* 2013 ; 41 : 87-92
63. Hein S, Tapia J, Bazos P. eLABor\_aid : a new approach to digital shade management. *Int J Esthet Dent.* 2017 ; 12(2) : 186-202
64. Cal E, Sonugelen M, Guneri P, Kesercioglu A, Kose T. Application of a digital technique in evaluating the reliability of shade guides. *J Oral Rehabil.* 2004 ; 31(5) : 483-91
65. Wee AG, Lindsey DT, Kuo S, Johnston WM. Color accuracy of commercial digital cameras for use in dentistry. *Dent Mater.* 2006 ; 22(6) : 553-9.
66. Ayna B, Yilmaz BD, Izol BS, Ayna E, Tacir IH. Effect of different esthetic post-core materials on color of direct-composite restorations : a preliminary clinical study. *Med Sci Monit.* 2018 ; 24 : 4091-4100

# ANNEXE

Tableau 5 : différentes marques de tenons fibrés avec leur composition et leur forme  
[27,28]

| Post                                                              | Fibres                   | Resin matrix                                                          | Shape                                                         |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| RelyX Fiber Post<br>3M ESPE, St Paul, MN, USA                     | Glass                    | Resin                                                                 | Double tapered                                                |
| FRC Postec Plus<br>Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein        | Glass                    | UDMA, TEGDMA, Ytterbium trifluoride, highly dispersed silicon dioxide | Tapered                                                       |
| GC Fiber Post<br>Tokyo, Japan                                     | Glass                    | Methacrylate                                                          | Double tapered                                                |
| DT Light Post Illusion<br>RTD, Grenoble, France                   | Quartz                   | Epoxy                                                                 | Double tapered                                                |
| DT Light Post<br>RTD Grenoble, France                             | Quartz                   | Epoxy                                                                 | Double tapered                                                |
| Macrolock Illusion Post<br>RTD, Grenoble, France                  | Quartz                   | Epoxy                                                                 | Tapered, circumferential head grooves, spiral head serrations |
| Radix Fiber Post<br>Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland   | Zirconium enriched glass | Epoxy                                                                 | Double tapered                                                |
| DT Light Safety Lock<br>VDW, Munich, Germany                      | Pre-conditioned quartz   | Epoxy                                                                 | Double tapered                                                |
| Dentin Post X<br>Komet, Lemgo, Germany                            | Glass                    | Epoxy                                                                 | Tapered with a retentive head                                 |
| Snowpost<br>Abrasive Technology, Lewis Center, Ohio, USA          | Zirconia-rich glass      | Epoxy                                                                 | Cylindrical with long apical cone                             |
| Reforpost<br>Angelus, Londrina, PR, Brasil                        | Glass                    | Bis-GMA                                                               | Serrated                                                      |
| FibreKleer Serrated Post<br>Jeneric/Pentron, Wallingford, CT, USA | Glass                    | Bis-GMA, UDMA, HDDMA                                                  | Serrated                                                      |
| Composipost<br>RTD, Grenoble, France                              | Carbon                   | Epoxy                                                                 | Two-stage parallel                                            |



Figure 50 : schéma récapitulant les choix thérapeutiques en fonction de la situation clinique d'après Dietschi *et coll.* [4]



# LEXIQUE DES ABREVIATIONS

RMIPP : reconstitution par matériau inséré en phase plastique

RCR : reconstitution corono-radiculaire

EDTA : éthylènediaminetétraacétique

M&R : mordantage et rinçage

CIE : commission internationale de l'éclairage

UV : ultraviolet

RVB : rouge-vert-bleu

BisGMA : bisphénol A glycerolate dimethacrylate

TEGDMA : triethylene glycol dimethacrylate

UDMA : urethane dimethacrylate

CCC : couronne céramo-céramique

CCM : couronne céramo-métallique

IC : inlay-core

Al : alumine

Zi : zircone

HT : haute translucidité

LO : basse opacité

MO : moyenne opacité

HO : haute opacité

ISO : organisation internationale de normalisation

TT : tenon translucide

TO : tenon opaque

ST : sans tenon

LED : diode électroluminescente

Fig. : figure

# TABLE DES ILLUSTRATIONS

## Figures

|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURE 1 : SCHEMA ILLUSTRANT L'AUGMENTATION DU RISQUE DE FRACTURE EN FONCTION DE LA PERTE TISSULAIRE CORONO-RADICULAIRE D'APRES MEYENBERG [2].....                                                                                                                                | 16 |
| FIGURE 2 : SCHEMA D'UNE DENT RECONSTITUEE PAR UNE RCR ET UNE COURONNE AVEC DIFFERENTES HAUTEURS DE FERULE DENTINAIRE (1 : OS ALVEOLAIRE ; 2 : LIGAMENT PARODONTAL ; 3 : TENON DE LA RCR ; 4 : « CORPS » DE LA RCR ; 5 : RECONSTITUTION PROTHETIQUE ; 6 : FORCE EXERCEE) [10]..... | 19 |
| FIGURE 3 : SCHEMAS DE LA REPARTITION DES FORCES ENTRE LA DENT NATURELLE, UNE RCR COLLEE AVEC UN TENON FIBRE ET UN INLAY-CORE METALLIQUE [14] .....                                                                                                                                | 28 |
| FIGURE 4 : PHOTOS DES DIFFERENTES FORMES DE TENONS EN FIBRES DE QUARTZ [21] .....                                                                                                                                                                                                 | 35 |
| FIGURE 5 : IMAGE OBSERVEE AU MICROSCOPE ELECTRONIQUE A BALAYAGE D'UNE COUPE TRANSVERSALE D'UN TENON FIBRE MONTRANT LA PRESENCE DES FIBRES INCORPOREES DANS LA MATRICE DE RESINE [27] .....                                                                                        | 36 |
| FIGURE 6 : SCHEMA DES INTERACTIONS DE LA LUMIERE AVEC UN MATERIAU .....                                                                                                                                                                                                           | 42 |
| FIGURE 7 : PHOTO ILLUSTRANT L'INFLUENCE D'UN FILTRE SUR LA PERCEPTION DE LA COULEUR ; A : FILTRE TRANSPARENT ; B : FILTRE TRANSLUCIDE ; C : FILTRE OPAQUE [34] .....                                                                                                              | 43 |
| FIGURE 8 : PHOTO ILLUSTRANT L'INFLUENCE DE FILTRES SUR LA PERCEPTION DE LA COULEUR. A ET B : FILTRE TRANSLUCIDE ACHROMATIQUE A GAUCHE, FILTRE TRANSLUCIDE CHROMATIQUE A DROITE [34] .....                                                                                         | 44 |
| FIGURE 9 : SCHEMA DES INTERACTIONS LUMINEUSES AVEC LES TISSUS DENTAIRE.....                                                                                                                                                                                                       | 45 |
| FIGURE 10 : ESPACE COLORIMETRIQUE CIELAB [36] .....                                                                                                                                                                                                                               | 48 |
| FIGURE 11 : PHOTO D'UN INCISIVE CENTRALE MAXILLAIRE ILLUMINEE PAR UNE FIBRE OPTIQUE [40] .....                                                                                                                                                                                    | 49 |
| FIGURE 12 : PHOTO ILLUSTRANT L'INFLUENCE DE LA RESINE COMPOSITE EMAIL CHROMATIQUE (A DROITE SUR L'ECHANTILLON DE GAUCHE ET A GAUCHE SUR L'ECHANTILLON DE DROITE) ET ACHROMATIQUE SUR LA PERCEPTION DE LA RESINE COMPOSITE DENTINE [40].....                                       | 56 |
| FIGURE 13 : PHOTO ILLUSTRANT LA VARIATION DE TRANSLUCIDITE EN FONCTION DE L'EPAISSEUR DE LA RESINE COMPOSITE EMAIL [40] .....                                                                                                                                                     | 57 |
| FIGURE 14 : SCHEMA DE LA TRANSMISSION LUMINEUSE D'UNE CCC (A GAUCHE) VS CCM (A DROITE) [35] .....                                                                                                                                                                                 | 58 |

|                                                                                                                                                                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURE 15 : PHOTOS DE L'ILLUMINATION PAR UNE FIBRE OPTIQUE D'UNE INCISIVE CENTRALE<br>RECONSTITUEE A GAUCHE PAR UNE COURONNE CERAMO-METALLIQUE ET A DROITE PAR UNE<br>COURONNE CERAMIQUE MONOLOTHIQUE IPS-EMPRESS (IVOCLAR®) [35] ..... | 59 |
| FIGURE 16 : PHOTOS MONTRANT L'ADAPTATION MARGINALE D'UNE CCM A GAUCHE ET D'UNE<br>CCC (IPS-EMPRESS) A DROITE [35] .....                                                                                                                 | 60 |
| FIGURE 17 : TRANSLUCIDITE DES DIFFERENTES CERAMIQUES [26] .....                                                                                                                                                                         | 62 |
| FIGURE 18 : EXEMPLE DE TENON EN FIBRES DE VERRE TRANSLUCIDE (IMAGE ISSUE DE<br>WWW.DENTIROX.COM) .....                                                                                                                                  | 68 |
| FIGURE 19 : EXEMPLE DE TENON EN FIBRES DE VERRE OPAQUE (IMAGE ISSUE DE WWW.EXOTEC-<br>DENTAIRE.COM) .....                                                                                                                               | 68 |
| FIGURE 20 : IMAGES RADIOGRAPHIQUES PRE-OPERATOIRES .....                                                                                                                                                                                | 69 |
| FIGURE 21 : PHOTO DES DENTS SECTIONNEES AVEC LE DISQUE DIAMANTE.....                                                                                                                                                                    | 69 |
| FIGURE 22 : IMAGES RADIOGRAPHIQUES POST-OBTURATIONS .....                                                                                                                                                                               | 70 |
| FIGURE 23 : IMAGES RADIOGRAPHIQUES TENON EN PLACE .....                                                                                                                                                                                 | 71 |
| FIGURE 24 : PHOTO DE L'ECHANTILLON N°1 AVEC LA CARTE DES GRIS .....                                                                                                                                                                     | 74 |
| FIGURE 25 : PHOTO DE L'ECHANTILLON N°1 (TT) .....                                                                                                                                                                                       | 74 |
| FIGURE 26 : PHOTO DE L'ECHANTILLON N°2 (TT) .....                                                                                                                                                                                       | 74 |
| FIGURE 27 : PHOTO DE L'ECHANTILLON N°3 (TT) .....                                                                                                                                                                                       | 74 |
| FIGURE 28 : PHOTO DE L'ECHANTILLON N°4 (TT) .....                                                                                                                                                                                       | 74 |
| FIGURE 29 : PHOTO DE L'ECHANTILLON N°5 (TT) .....                                                                                                                                                                                       | 75 |
| FIGURE 30 : PHOTO DE L'ECHANTILLON N°6 (TO).....                                                                                                                                                                                        | 75 |
| FIGURE 31 : PHOTO DE L'ECHANTILLON N°7 (TO).....                                                                                                                                                                                        | 75 |
| FIGURE 32 : PHOTO DE L'ECHANTILLON N°8 (TO).....                                                                                                                                                                                        | 75 |
| FIGURE 33 : PHOTO DE L'ECHANTILLON N°9 (TO).....                                                                                                                                                                                        | 75 |
| FIGURE 34 : PHOTO DE L'ECHANTILLON N°10 (TO).....                                                                                                                                                                                       | 75 |
| FIGURE 35 : PHOTO DE L'ECHANTILLON N°11 (ST) .....                                                                                                                                                                                      | 75 |
| FIGURE 36 : PHOTO DE L'ECHANTILLON N°12 (ST) .....                                                                                                                                                                                      | 75 |
| FIGURE 37 : PHOTO DE L'ECHANTILLON N°13 (ST) .....                                                                                                                                                                                      | 76 |
| FIGURE 38 : PHOTO DE L'ECHANTILLON N°14 (ST) .....                                                                                                                                                                                      | 76 |
| FIGURE 39 : PHOTO DE L'ECHANTILLON N°15 (ST) .....                                                                                                                                                                                      | 76 |
| FIGURE 40 : DISPOSITIF UTILISE POUR REALISER LES PHOTOGRAPHIES.....                                                                                                                                                                     | 76 |
| FIGURE 41 : COPIE ECRAN DU LOGICIEL LIGHTROOM CLASSIC® .....                                                                                                                                                                            | 77 |
| FIGURE 42 : COPIE ECRAN DU LOGICIEL CLASSIC COLOR METER® .....                                                                                                                                                                          | 78 |
| FIGURE 43 : PHOTO N°1 DE L'ECHANTILLON 1 .....                                                                                                                                                                                          | 78 |
| FIGURE 44 : PHOTO N°1BIS DE L'ECHANTILLON 1 .....                                                                                                                                                                                       | 78 |
| FIGURE 45 : PHOTO N°1TER DE L'ECHANTILLON 1 .....                                                                                                                                                                                       | 78 |

|                                                                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURE 46 : FEUILLE DE CALCUL DE L'ANALYSE DE LA VARIANCE DE LA MESURE L* SUR EXCEL ..                                                   | 80 |
| FIGURE 47 : FEUILLE DE CALCUL DE L'ANALYSE DE LA VARIANCE DE LA MESURE A* SUR EXCEL ..                                                   | 81 |
| FIGURE 48 : FEUILLE DE CALCUL DE L'ANALYSE DE LA VARIANCE DE LA MESURE B* SUR EXCEL ..                                                   | 81 |
| FIGURE 49 : GRAPHIQUE REPRESENTANT LES MOYENNES DE LA VALEUR B* POUR CHAQUE GROUPE, AINSI QUE L'ANALYSE DU TEST DE TUKEY .....           | 82 |
| FIGURE 50 : SCHEMA RECAPITULANT LES CHOIX THERAPEUTIQUES EN FONCTION DE LA SITUATION CLINIQUE D'APRES DIETSCHI <i>ET COLL.</i> [4] ..... | 93 |

## **Tableaux**

|                                                                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| TABLEAU 1 : INDICATION D'UNE RCR DIRECTE OU D'UNE RCR INDIRECTE EN FONCTION DU NOMBRE DE PAROIS, DE LEUR HAUTEUR ET DE LEUR EPAISSEUR [13] ..... | 25 |
| TABLEAU 2 : PROPRIETES MECANIQUES DES TISSUS DENTAIRES, DES ALLIAGES UTILISES EN PROTHESE FIXEE ET DES TENONS FIBRES [13] .....                  | 27 |
| TABLEAU 3 : TABLEAU REPRESENTANT LES VALEURS DES CONTRAINTES SOUS L'EXTREMITE D'UN TENON EN FONCTION DE L'ORIENTATION DES FORCES [14] .....      | 29 |
| TABLEAU 4 : COORDONNES L*A*B* DES 15 ECHANTILLONS.....                                                                                           | 79 |
| TABLEAU 5 : DIFFERENTES MARQUES DE TENONS FIBRES AVEC LEUR COMPOSITION ET LEUR FORME [27,28] .....                                               | 92 |

**Thèse d'exercice : Chir. Dent. : Lille : Année [2019] – N°:**

Les RCR directes en composite, étude expérimentale de l'impact de la translucidité du tenon sur la couleur du composite de restauration / **Louis Lekieffre**. - p. (99) : ill. (55) ; réf. (66)

**Domaines** : Odontologie Conservatrice, Endodontie, Prothèse Fixe

**Mots clés RAMEAU** : tenons dentaires, fibres de verre, couleur en odontostomatologie, colorimétrie, études comparatives

**Mots clés FMeSH** : Etude comparative, restauration corono-radicaire

**Mors clés libres** : RMIPP, tenons fibrés, translucidité

La dent dévitalisée présente des caractéristiques mécaniques et esthétiques diminuées. Le principal facteur de l'augmentation du risque de fracture est la perte tissulaire induite par la carie et ses thérapeutiques. Il convient donc que le principe d'économie tissulaire et de gradient thérapeutique guide notre réflexion. Il faut privilégier la réalisation de restaurations partielles collées qui sont moins mutilantes que les préparations périphériques.

Lorsque la perte tissulaire est trop importante, le recours à un ancrage corono-radicaire peut s'avérer nécessaire pour assurer une bonne rétention à la reconstitution prothétique. De nombreuses techniques existent, mais il faut privilégier les RCR directes, qui sont des solutions plus respectueuses de l'organe dentaire, lorsque les conditions cliniques le permettent.

Les tenons fibrés translucides revendiquent un bénéfice esthétique par rapport aux tenons fibrés opaques. Peu d'études ont évalué l'influence des propriétés optiques du tenon sur la couleur de la reconstitution.

Ainsi l'objectif de l'étude décrite dans cette thèse a été de quantifier l'impact de la translucidité de tenons en fibres de verre sur la couleur du composite de reconstitution.

**JURY** :

**Président : Pascal BEHIN**

**Assesseurs : Marc LINEZ**

**Clément Robert**

**Philippe BOITELLE**