

UNIVERSITE DE NANTES
UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE D'ODONTOLOGIE

Année 2022

N° 3780

**L'APPROCHE MODERNE DE LA RECONSTITUTION D'UNE DENT
UNITAIRE : PRINCIPE BIOMIMETIQUE ET BIOEMULATION**

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

Présentée et soutenue publiquement par :

Simon HOCEPIED

le 11 Janvier 2022 devant le jury ci-dessous :

Président : Monsieur le Professeur Yves AMOURIQ

Assesseur : Madame le Docteur Fabienne JORDANA

Assesseur : Monsieur le Docteur Charles HIBON

Directeur de thèse : Monsieur le Docteur François BODIC

UNIVERSITE DE NANTES	
<u>Président</u> Pr BERNAULT Carine	 <small>UNIVERSITE DE NANTES</small>
FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE	
<u>Doyen</u> Pr SOUEIDAN Assem <u>Assesseurs</u> Dr GAUDIN Alexis Pr LE GUEHENNEC Laurent Pr LESCLOUS Philippe	 <small>Faculté de Chirurgie Dentaire NANTES</small>

PROFESSEURS DES UNIVERSITES PRATICIENS HOSPITALIERS DES C.S.E.R.D.	
Mme ALLIOT-LICHT Brigitte M. AMOURIQ Yves Mme CHAUX Anne-Gaëlle M. LABOUX Olivier	Mme LOPEZ Serena Mme PEREZ Fabienne M. WEISS Pierre
PROFESSEURS DES UNIVERSITES	
M. BOULER Jean-Michel	
MAITRE DE CONFERENCES DES UNIVERSITES	
Mme VINATIER Claire	
PROFESSEURS EMERITES	
M. GIUMELLI Bernard	M. JEAN Alain
ENSEIGNANTS ASSOCIES	
M. GUIHARD Pierre (Professeur Associé)	M. BANDIAKY Octave (Assistant Associé)
Mme LOLAH Aoula (Assistant Associé)	
MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES PRATICIENS HOSPITALIERS DES C.S.E.R.D.	ASSISTANTS HOSPITALIERS UNIVERSITAIRES DES C.S.E.R.D.
M. AMADOR DEL VALLE Gilles Mme ARMENGOL Valérie Mme BLERY Pauline M. BODIC François Mme CLOITRE Alexandra Mme DAJEAN-TRUTAUD Sylvie M. DENIS Frédéric Mme ENKEL Bénédicte M. HOORNAERT Alain Mme HOUCHMAND-CUNY Madline Mme JORDANA Fabienne M. LE BARS Pierre M. NIVET Marc-Henri M. PRUD'HOMME Tony Mme RENARD Emmanuelle M. RENAUDIN Stéphane M. STRUILLOU Xavier M. VERNER Christian	M. ALLIOT Charles Mme ARRONDEAU Mathilde Mme CLOUET Roselyne M. EVRARD Lucas M. GUIAS Charles M. GUILLEMIN Maxime Mme HASCOET Emilie Mme HEMMING Cécile M. HIBON Charles M. KERIBIN Pierre Mme OYALLON Mathilde Mme QUINSAT Victoire Eugenie M. REMAUD Matthieu M. RETHORE Gildas M. SERISIER Samuel Mme TISSERAND Lise
PRATICIENS HOSPITALIERS	
Mme DUPAS Cécile	Mme HYON Isabelle

01/09/21

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

A Monsieur le Professeur Yves AMOURIQ,

Professeur des Universités - Praticien Hospitalier des Centres de Soins d'Enseignement
et de Recherche Dentaires

Docteur de l'Université de Nantes

Habilité à Diriger des Recherches

Département de Prothèses

Chef de Service d'Odontologie Restauratrice et Chirurgicale

- NANTES -

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

*Pour votre implication dans l'activité clinique et vos enseignements théoriques tout au long
de cette formation universitaire,*

Veillez trouver ici le témoignage de mes remerciements les plus sincères.

A Monsieur le Docteur François BODIC,

Maître de Conférences des Universités - Praticien hospitalier des Centres de Soins
d'Enseignement et de Recherche Dentaires
Docteur de l'Université de Nantes
Département de Prothèses

- NANTES -

*Pour m'avoir fait l'honneur de diriger cette thèse,
Pour votre disponibilité, votre gentillesse, vos conseils et vos lectures tout au long de la
réalisation de ce travail,
Pour votre écoute et votre accompagnement tout au long de mes années universitaires,
Veuillez trouver dans ce travail le témoignage de ma gratitude et l'assurance de mes
sentiments respectueux.*

A Madame le Docteur Fabienne JORDANA,

Maître de Conférences des Universités - Praticien Hospitalier des Centres de Soins
d'Enseignement et de Recherche Dentaires

Docteur de l'Université de Bordeaux

Habilité à Diriger les Recherches

Département de Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques,

Biomatériaux, Biophysique, Radiologie

- NANTES -

Pour m'avoir fait l'honneur de siéger au sein de ce jury,

Pour vos compétences et vos conseils donnés au cours de vos enseignements,

Veillez recevoir ici le témoignage de ma gratitude.

A Monsieur le Docteur Charles HIBON,

Assistant Hospitalier Universitaire des Centres de Soins d'Enseignement et de
Recherche Dentaires
Département de Prothèse

- NANTES -

*Pour m'avoir fait l'honneur de siéger au sein de ce jury,
Pour vos compétences et vos conseils donnés au cours de mon remplacement,
Veuillez recevoir ici mes sincères remerciements.*

SOMMAIRE

Introduction	10
1. La préservation tissulaire	12
2. Les nouvelles technologies au service de la dentisterie moderne	14
2.1. La CFAO	14
2.2. Les aides optiques	16
2.2.1. Le microscope (4)	16
2.2.2. Les loupes.....	18
2.3. Les inserts ultrasoniques	19
3. La restauration biomimétique de la dent unitaire	20
3.1. Le biomimétisme	20
3.2. L'étude de la dent naturelle (11)	20
3.2.1. L'émail.....	21
3.2.1.1. Composition.....	21
3.2.1.2. Organisation et structure.....	21
3.2.1.3. Propriétés physico chimique, mécanique et optiques.....	22
3.2.2. La jonction amélo-dentinaire.....	24
3.2.3. La dentine.....	25
3.2.3.1. Composition.....	25
3.2.3.2. Structure.....	25
3.2.3.3. Propriétés physico-chimiques et mécaniques	27
3.2.3.4. Propriétés optiques	28
4. Le collage	29
4.1. Les systèmes adhésifs amélo-dentaires (13)(14)	29
4.1.1. Système M&R : Mordançage et rinçage	29
4.1.2. Système SAM : Système Auto mordançant.....	30
4.1.3. Système Universel	32
4.1.4. Etude clinique des adhésifs	33
4.2. Les matériaux d'assemblage des restaurations partielles indirectes : les résines de collage	34
4.2.1. Classification selon le potentiel adhésif décrit par Degrange (16)	35
4.2.1.1. Colle sans potentiel adhésif.....	35
4.2.1.2. Colle avec potentiel adhésif.....	36
4.2.1.3. Colle auto adhésive (24)(25)(26).....	37
4.2.2. Classification selon le mode de polymérisation	39
4.2.2.1. Colle photopolymérisable ou LightCure (LC).....	39
4.2.2.2. Colle chémozopolymérisable ou autopolymérisable.....	40
4.2.2.3. Colle duale ou dual core.....	40
5. Les matériaux de restauration	41
5.1. Les résines composites	41
5.1.1. Composition et degré de conversion	41
5.1.1.1. Degré de conversion (42).....	43
5.1.1.2. Les silsesquioxanes oligomères polyédriques (POSS)	43
5.1.2. Composite de restauration conventionnelle.....	43
5.1.3. Composite de restauration réchauffé (37).....	45
5.1.4. Composite fluide.....	46
5.1.5. Composite de remplissage en vrac ou bulk fill.....	46
5.1.6. Composite fibro-renforcé (CFRC) (59).....	48
5.1.7. Les nouvelles résines modifiées à libération d'ions (61)	49

5.1.8. Les composites en méthodes indirectes (35)(66).....	51
5.2. Le matériau mixte hybride : l'ENAMIC (Vita) (69)(66)	52
5.3 Les céramiques (66)(70)	53
5.3.1. Les céramiques feldspathiques.....	53
5.3.2. Les vitrocéramiques	54
5.3.2.1. Renforcées à la leucite.....	54
5.3.2.2. Renforcées au disilicate de lithium.....	55
5.3.2.3. Renforcées au silicate de lithium et zircon	56
5.3.3. Les céramiques alumineuses	57
5.3.4. Les céramiques denses ou polycristallines.....	57
6. Protocole et application clinique de la restauration antérieure et postérieure d'une dent.....	58
6.1. Les restaurations antérieures	58
6.1.1. La stratification	58
6.1.1.1. Indications.....	58
6.1.1.2. Méthode (71).....	59
6.1.2. La facette.....	63
6.1.2.1. Indications.....	64
6.1.2.2. Contre-indications.....	64
6.1.2.3. Protocole	64
6.2. Les restaurations postérieures en fonction de leur perte de substance.....	65
6.2.1. La perte de substance dentaire	65
6.2.2. Les traitements des lésions légères à moyennes : microdentisterie et restaurations directes au composite	66
6.2.2.1. Indications (10).....	66
6.2.2.2. Matériaux	67
6.2.2.3. Restauration occlusale	67
6.2.2.4. Restauration occluso-proximale.....	68
6.2.2.5. Restauration mésio-occluso-distale (MOD)	69
6.2.3. Le traitement des lésions moyennes à importantes : les restaurations indirectes.....	69
6.2.3.1. Généralités et types de préparation (84).....	69
6.2.3.2. Les principes de préparations des restaurations adhésives (84) : MDPT	71
6.2.3.3. IDS (Immediate Dentin Sealing).....	76
6.2.3.4. Protocole de mise en place dans la réalisation d'une restauration partielle postérieure adhésive en céramique : (35).....	77
7. Données bibliographiques	82
7.1. Prémolaire.....	82
7.1.1. Dent vitale	82
7.1.2. Dent dévitalisée	82
7.2. Molaire.....	83
7.2.1. Restauration occluso-proximale avec implication cuspidienne	83
7.2.2. Restauration MOD	83
7.2.2.1. Sans perte cuspidienne	83
7.2.2.2. Avec perte cuspidienne.....	84
Conclusion	85
Bibliographie.....	86
Table des Figures	95
Table des Tableaux.....	97

Introduction

Quelle que soit la discipline, étudier la nature et la recopier est une approche qui se développe de plus en plus, notamment dans le monde de la dentisterie moderne.

Pendant un bon moment et encore ces dernières années, il existait un « dogme » avec la réalisation d'une reconstitution corono-radicaire afin d'augmenter la rétention de la future couronne et ainsi d'assurer la pérennité de la restauration. Cependant, les progrès de la dentisterie adhésive permettent, aujourd'hui, la restauration d'une dent de manière moins invasive avec la mise en avant de l'économie tissulaire. Ainsi, Pascal Magne va initier l'approche du « no post, no crown ». C'est une thérapeutique conservatrice qui, malgré un grand délabrement initial, évite l'emploi d'un moyen d'ancrage radicaire, et facilite une éventuelle réintervention.

L'amélioration des matériaux depuis des années et la démocratisation des céramiques et composites aux dépens des restaurations métalliques joue un grand rôle dans cette notion d'économie tissulaire et de collage dentaire.

Une reconstitution se doit également de résister dans le temps. Pour atteindre cet objectif, le praticien doit s'appuyer sur un protocole de collage rigoureux et optimal avec une connaissance parfaite des matériaux et des résines de collages utilisés.

Cette thèse a pour objectif de présenter les méthodes actuelles de la reconstitution d'une dent, que ce soit en antérieur ou postérieur, en s'appuyant sur la bibliographie publiée des années 2000 à aujourd'hui.

Dans un premier temps, nous parlerons des nouvelles technologies et moyens notamment avec l'apport de la CFAO (Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur), et des aides optiques.

Dans un second temps, nous nous focaliserons sur la notion de biomimétisme, de structure dentaire, et des biomatériaux utilisés pour imiter ces entités.

Enfin, des applications cliniques seront présentées afin d'aborder au mieux la restauration dentaire unitaire.

Dans une approche plus conservatrice, la perte tissulaire sur une seule dent faisant généralement suite à un trauma ou à la maladie carieuse est un défi pour le praticien dans la reconstruction biomimétique de la dent affectée. Le développement de la dentisterie adhésive a permis d'adapter et de révolutionner les thérapeutiques envisagées dans la restauration d'une dent unitaire. Le but étant toujours d'obtenir une restauration fiable dans le temps et une intégration fonctionnelle et esthétique optimale.

1. La préservation tissulaire

Aujourd'hui, une demande esthétique croissante des patients avec un développement toujours plus important de la technologie nous force à faire évoluer notre pratique et à créer un nouveau cadre de traitement : Magne et Belser mettent en avant ce nouveau cadre appelé puzzle physiologique (1). Les impératifs biologiques, biomécaniques fonctionnels et esthétiques ne peuvent être dissociés les uns des autres. Dans le même sens, le principe biologique va être de plus en plus mis en avant avec le terme de « préservation tissulaire » et la notion de « gradient thérapeutique » développés par Tirlet et Attal en 2009 (2).

En effet, une thérapeutique moderne et actuelle se doit de prendre en compte la préservation tissulaire : de la plus conservatrice à la plus mutilante (fig. 1).

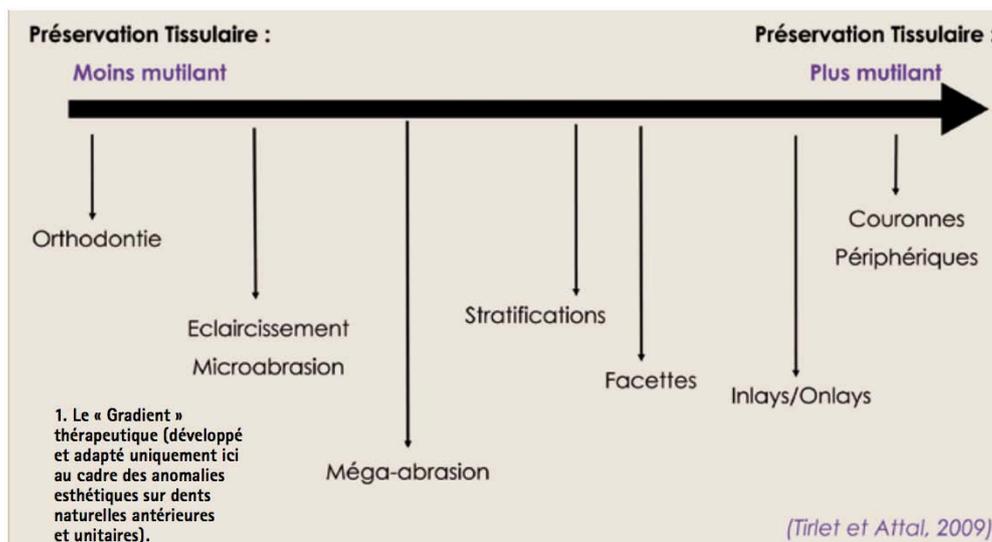


Figure 1 : Le « gradient thérapeutique » adapté aux anomalies des dents antérieures (2)

Une seule thérapeutique peut être envisagée mais parfois l'emploi de plusieurs est nécessaire. On commencera toujours par la moins invasive dans ce souci de préservation tissulaire. On note que la technique la moins invasive est l'orthodontie mais ici nous allons nous intéresser seulement aux techniques peu ou moyennement invasives : les stratifications et facettes pour les restaurations antérieures et les inlays/onlays pour les restaurations postérieures.

Suivant les situations cliniques, une thérapeutique d'éclaircissement et microabrasion dans le secteur antérieur sera mise en place avant l'approche de la restauration collée directe et indirecte.

2. Les nouvelles technologies au service de la dentisterie moderne

La technologie prend une part de plus en plus importante dans notre société et s'exporte en toute logique dans les cabinets dentaires. Ainsi, la CFAO va apporter une note technologique et novatrice dans l'abord de la reconstitution d'une dent.

2.1. La CFAO

La CFAO ou Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur se démocratise depuis les années 2000 et le développement du numérique. Le concept initial est simple : la réalisation d'une prothèse indirecte en une seule séance. Néanmoins, des alternatives sont apparues avec la participation plus ou moins proche du prothésiste. On peut classer les CFAO dentaires en trois catégories (fig. 2) :

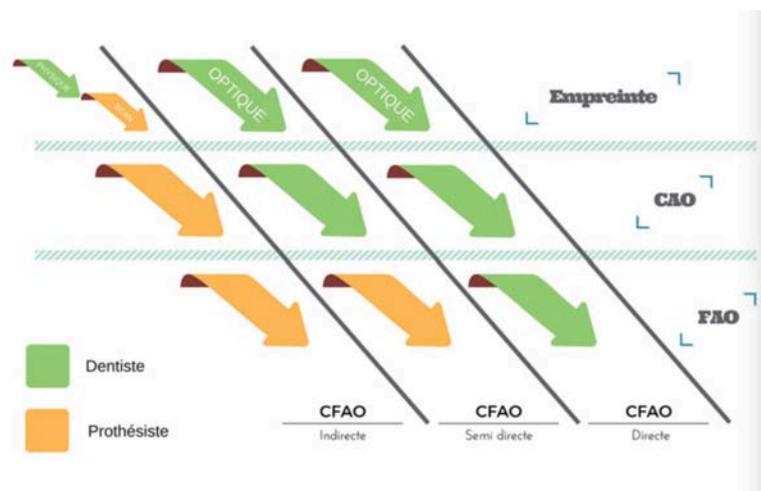


Figure 2 : Les 3 types de CFAO dentaire

- **CFAO directe** : toutes les étapes se déroulent au cabinet, de l'empreinte numérique à la fabrication de la prothèse, tout cela en une seule séance,
- **CFAO semi directe** : l'empreinte numérique est réalisée au cabinet puis envoyée au laboratoire qui va se charger de la conception et de la fabrication prothétique,

- **CFAO indirecte** : l’empreinte réalisée au cabinet est cette fois sous forme physico chimique de façon « classique » et envoyée au laboratoire. L’empreinte va être coulée puis scannée. La prothèse sera donc conçue et fabriquée comme en CFAO semi directe au laboratoire.

Exemple et aide dans l’approche de la restauration d’une dent

Un article publié en 2018 (3) présente deux cas cliniques et l’utilisation d’un modèle imprimé en 3D par Cerec afin de restaurer une incisive centrale maxillaire en méthode directe suite à un trauma ou à une carie dentaire.

Ce système présente pas mal d’avantages :

- il permet le gain d’une interséance et la réalisation d’un make up par le prothésiste. Ainsi, la réparation de la dent par stratification peut se faire dans la même séance.
- une option esthétique intéressante.

Ci-dessous, les différentes étapes conduisant à la restauration de la 21.



Figure 3 : Examen clinique et radiologique avec fracture amélo-dentinaire de l’angle distal de la 21

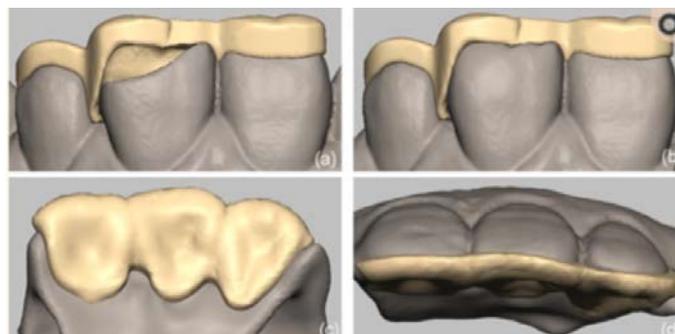


Figure 4 : Conception 3D du guide palatin



Figure 5 : Impression du guide

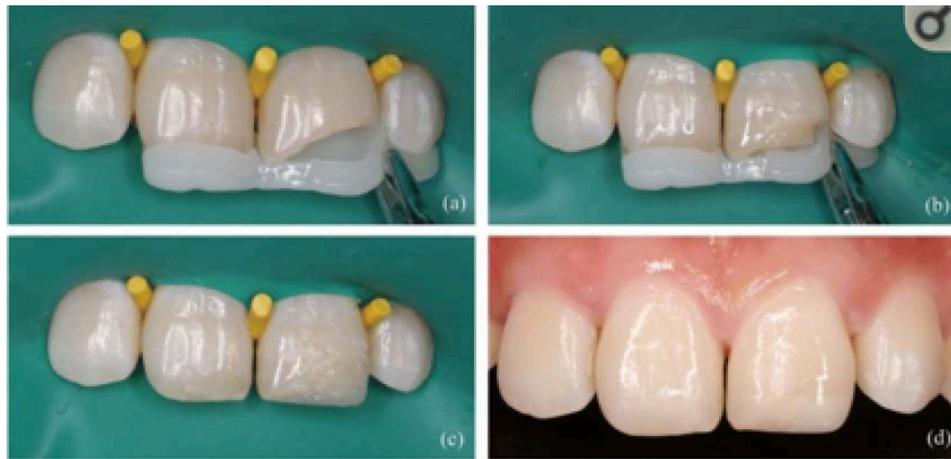


Figure 6 : Après la pose de la digue et l'apport du guide palatin, le résultat est très satisfaisant

2.2. Les aides optiques

Dans notre exercice actuel, on veut être plus performant quant à la qualité des soins que l'on peut prodiguer au patient.

2.2.1. Le microscope (4)

Ainsi, le microscope est un moyen qui peut apporter au praticien une aide importante dans son usage au quotidien. Il peut être utilisé dans tout type de soins : de la parodontologie simple à l'endodontie.

	Soins conservateurs	Prothèse conjointe unitaire
Avantages	- qualité de vision et précision - confort de travail avec bonne position de travail	
	- insertion du matériau plus aisée - joint dent/restauration - polissage et finition précis - esthétique en antérieur	- accès aux limites de préparations facilitées - état de surface - profil d'émergence
Limites	- coût - temps d'adaptation plus ou moins rapide - assistante au fauteuil conseillée	
		attention aux contres dépouilles et au parallélisme des parois nécessitant plus une vue globale de la préparation

Tableau 1 : Avantages et limites du microscope dans la restauration d'une dent unitaire

Ici, nous allons nous intéresser à sa place dans les restaurations d'une dent :

- **Soin conservateur simple** : sous champ opératoire avec une reconstitution directe en composite par exemple. Il y a une facilité dans l'insertion du matériau au niveau de la cavité à reconstruire mais aussi une augmentation de la qualité du joint dent/matériau que l'on peut avoir grâce notamment à un polissage soigné et précis.
- **Prothèse conjointe** : très intéressant avec la réalisation de limites de préparations précises et l'aperçu de l'état de surface avec précision et netteté. Attention toutefois au fort grossissement qui peut entraîner un défaut de parallélisme et un profil d'émergence non conforme.

Un temps d'adaptation est souvent à noter et le travail à 4 mains conseillé même si avec de la pratique et de la dextérité, il sera tout à fait possible de travailler seul.

Le niveau d'exigence du praticien sera augmenté : la qualité du travail et de précision de la préparation et de la restauration en seront donc améliorées.

2.2.2. Les loupes

Aujourd'hui, de nombreux praticiens se tournent vers l'utilisation de loupes pour l'exercice en omnipratique.



Figure 7 : Lunettes avec loupes Orascoptic et système de lampe sans fil

Un questionnaire réalisé en 2015 montre un intérêt fort des praticiens dans l'achat de loupes afin d'avoir une augmentation de la qualité des soins et un confort visuel, mais aussi dans l'amélioration de la posture de travail. Le grossissement généralement choisi est compris entre x2.5 et x3.5 mais peut aller jusqu'à x6. L'ajout d'une source lumineuse au niveau de la monture offre une belle option afin d'améliorer la qualité du champ de vision.

Cependant, quelques défauts sont à mettre à leur actif : une fatigue oculaire, une distance de travail inadaptée, la profondeur et la largeur de champ, un grossissement jugé parfois insuffisant et un prix important.

Le taux de satisfaction global de 77% est plutôt positif pour les loupes et en fait une aide intéressante dans la restauration d'une dent. Il est quand même conseillé d'essayer les lunettes pour évaluer si l'on se sent à l'aise avec (5).

2.3. Les inserts ultrasoniques



Figure 8 : Inserts C20 (Satelec)

Il y a une volonté de la part des fabricants de créer « l'outil » idéal à chaque situation et pour chacun des cas qui peut se présenter au cabinet. On voit l'apparition de fraises de plus en plus petites mais aussi de nouveaux inserts ultrasonores (Satelec). Ces derniers peuvent être hémi travaillants, intéressants dans l'accès à des lésions proximales peu visibles (6). Il existe aussi des inserts (fig. 8) dans le cas de préparations d'Inlay et d'Onlay.

3. La restauration biomimétique de la dent unitaire

3.1. Le biomimétisme

La biomimétique implique le fait de copier et reproduire des propriétés physiques et biologiques (7). En dentisterie, la dent naturelle indemne est la référence évidente. La bioémulation est à mettre en relation avec cette notion : c'est « la reproduction de la nature par imitation biomimétique » (8).

3.2. L'étude de la dent naturelle (11)

La connaissance de la dent naturelle telle que ses structures, ses propriétés mécaniques, chimiques et optiques sont des éléments importants à l'élaboration d'une restauration biomimétique dans le but de remplacer le substrat perdu. En surface, l'émail (A) recouvre la dentine (B) en quantité supérieure en occlusal qu'en proximal, et son épaisseur diminue dans le temps avec l'usure (9). La dentine est de forme concave en occlusal et est séparée de l'émail par la jonction amélo-dentinaire (JAD) (C) (fig. 9).

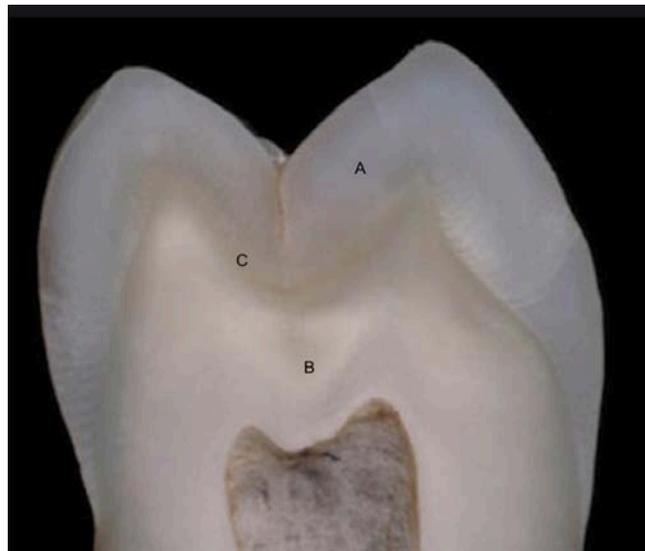


Figure 9 : Coupe transversale d'une molaire mettant en avant l'émail (A), la dentine (B) et la jonction amélo-dentinaire (C) (10)

3.2.1. L'émail

C'est la couche qui couvre et protège la couronne des dents. Tissu acellulaire, non innervé et non vivant, il est le plus minéralisé de l'organisme. Il est donc très dur et résiste à l'usure. Néanmoins, il est friable, fragile et se fissure couramment.

3.2.1.1. Composition

Trois phases différentes se distinguent :

- La **phase minérale** représente 96% en poids de l'émail. Des cristaux d'hydroxyapatite $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ avec des éléments sous formes ioniques composent cette maille cristalline. Des éléments sous formes ioniques en faibles concentrations peuvent se trouver dans ces apatites : bicarbonate, fluorure, carbonate, sulfate, sodium, magnésium, potassium et chlorure. La présence du fluor permet de renforcer cette maille cristalline.

- La **phase aqueuse** : 3,6% (en poids)

- La **phase organique** : 0,4% (en poids) est composée de phospholipides et glycoprotéines avec notamment la protéine matricielle principale : l'amélogénine, protéine stabilisatrice du réseau associée à la maturation de l'émail. Ces protéines sont dégradées et éliminées lors de la maturation, ne les laissant qu'à concentration très faible à l'âge adulte.

3.2.1.2. Organisation et structure

L'émail est d'épaisseur très variable : de quelques millimètres en cervical jusqu'à 2,5 mm en occlusal au niveau des cuspides. Son organisation entre émail prismatique et aprismatique lui confère une haute résistance à l'usure.

L'émail prismatique est constitué de monocristaux d'hydroxyapatite organisés ensembles formant des cristallites, eux-mêmes formant les prismes d'émail. Un prisme d'émail possède des cristallites parallèles au grand axe du prisme. **L'émail**

interprismatique, quant à lui, possède des cristallites orientés à 60° par rapport au grand axe du prisme avec un contenu organique plus important (fig. 10).

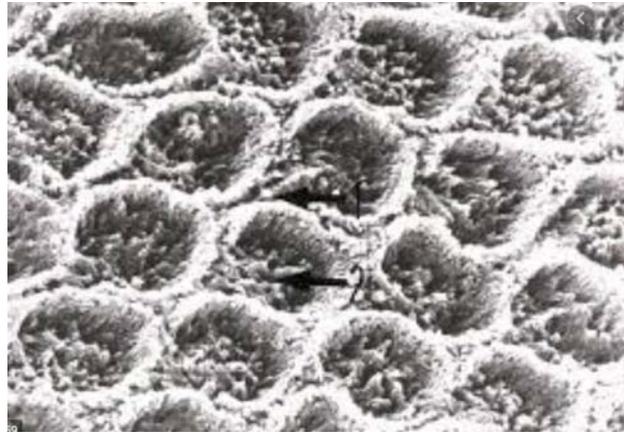


Figure 10 : Coupe transversale de prismes d'émail
1. Les cristaux prismatiques
2. Les cristaux interprismatiques
(source Sildeshare.net)

L'émail aprismatique est constitué de cristallites mais sans structure prismatique. Il se situe au niveau de la couche externe et interne, en fines couches de 20 à 80 micromètres. En surface, les cristallites sont ainsi unidirectionnels et plus denses entraînant un mordantage à ce niveau moins efficace.

Cas de l'émail carié

Une déminéralisation de l'émail se fait suite à une attaque bactérienne et entraîne un émail microporeux d'aspect blanc et opaque. Cette altération de cet assemblage prismatique va générer des problèmes sur le collage amélaire et diminuer la performance de cette adhésion.

3.2.1.3. Propriétés physico chimique, mécanique et optiques

3.2.1.3.1. Propriétés physiques

La **conductivité thermique** est la capacité du matériau à diffuser la chaleur. Elle est de 0,92W/m/°C (1) pour l'émail.

L'émail a un **coefficient de dilatation thermique** de $11,4 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. Si le matériaux a une conductivité thermique, son coefficient de dilatation doit se rapprocher de celui de l'émail afin d'éviter toutes contraintes à l'interface.

3.2.1.3.2. Propriétés chimiques

Des échanges ioniques se font au niveau de l'émail interprismatique, là où se trouvent l'eau et la matière organique. Une modification de pH avec un seuil critique à **5,5** est le facteur principal de ces échanges ioniques. Un pH inférieur à 5,5 entraîne une déminéralisation. A l'inverse, un pH supérieur à 5,5 entraîne une reminéralisation. L'apport de fluor avec son pH basique permet à la maille cristalline d'être plus résistante à ces attaques et de contrer cette dissolution acide.

3.2.1.3.3. Propriétés mécaniques

Ses principales propriétés mécaniques sont sa **dureté** et sa **résistance mécanique** grâce à son organisation prismatique. Elles sont déterminées par différentes grandeurs physiques :

- **Module d'élasticité ou module de Young** = 84,1 GPa en moyenne, mais peut évoluer de 75 GPa à la JAD jusqu'à 115 GPa en surface du fait de ses propriétés structurales et chimiques hétérogènes. Le module d'élasticité correspond à la rigidité et l'aptitude du matériau à se déformer dans le domaine élastique (réversible) sous une contrainte. Plus elle est importante, plus le matériau est rigide.
- **Résistance à la traction** = 10,3 MPa. Elle détermine la contrainte à laquelle se rompt le matériau, à vitesse et force de traction constante. Elle définit un comportement plutôt fragile ou ductile du matériau L'émail possède un comportement mécanique semblable aux **matériaux ductiles** (qui peuvent subir des déformations plastiques et irréversibles sans se rompre comme l'or). Néanmoins, il possède un domaine plastique avant de se rompre, contrairement aux céramiques.
- **Résistance à la compression** = 384 MPa

- **Résistance au cisaillement** = 90 MPa

- **Dureté** = 408 HVN (kg/mm²) ou 343 KHN (kg/mm²). C'est la résistance qu'un matériau oppose à la déformation locale et donc à la pénétration d'un corps. La dureté a un impact sur la résistance à l'abrasion et la disposition d'un matériau au polissage.

3.2.1.3.4. Propriétés optiques

L'émail est caractérisé par sa principale grandeur : **la translucidité**, avec son indice de réfraction de **1,655**.

3.2.2. La jonction amélo-dentinaire

Pour faire la relation entre l'émail et la dentine sous-jacente, se trouve la jonction amélo-dentinaire (JAD).

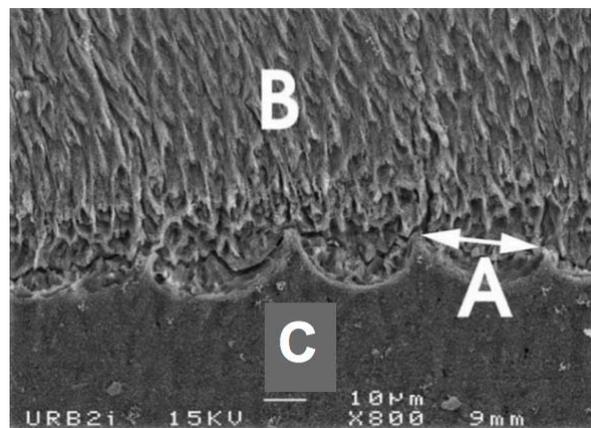


Figure 11 : Coupe transversale au microscope électronique à balayage (MEB) au niveau de la JAD (source Attal et coll, 2014)

Structure : La Jonction amélo-dentinaire est constituée en majorité de fibrilles de collagène formant des microfestons de 2 à 5 microns et macrofestons de 25 à 40 microns (A), organisées de façon concave du côté de l'émail (B) et convexe du côté de la dentine (C).

Fonction : C'est une zone de transition anatomique, et surtout mécanique, entre l'émail et la dentine qui ont un module d'élasticité différent. De plus, elle a un rôle important de dissipation dans la propagation des fissures amélares (12).

3.2.3. La dentine

La dentine est la couche faisant l'intermédiaire entre la pulpe et l'émail et fait office de soutien à l'émail. C'est un tissu avasculaire, innervé et perméable avec un potentiel de régénération.

3.2.3.1. Composition

La dentine est de proportion (poids) différente à l'émail :

- une phase minérale : 70%
- une phase organique : 20% dont la majorité est composé de collagène
- une phase aqueuse 10% rendant le collage plus complexe

3.2.3.2. Structure

Parmi la phase minérale, les canalicules de 1 à 2 microns de diamètre traversent la dentine de la pulpe et se prolongent vers la périphérie. On parle de perméabilité dentinaire.

Dans ces tubuli se trouvent un **fluide intratubulaire** et des **prolongements odontoblastiques** dont les corps cellulaires sont situés dans la pulpe, d'où sensibilités et douleurs. On peut parler ainsi de complexe pulpo-dentinaire.

Autour de ces tubuli se trouve la **dentine pérítubulaire** minéralisée. Elle est d'épaisseur et de proportion plus importantes autour de la pulpe par rapport au tiers externe de la dentine (35). Enfin on repère une **dentine inter-tubulaire**, de phase organique avec sa richesse en fibres de collagène.

Perméabilité dentinaire

La perméabilité dentinaire est fonction de la densité ainsi que du diamètre des canalicules. On décompte près de 50 000 canalicules/mm² au tiers interne et environ 10

000 canalicules /mm² au tiers externe. En conséquence, la dentine interne montre une plus faible ténacité.

Le diamètre des tubuli dépend essentiellement de 2 facteurs :

- la localisation : 3 microns de diamètre à proximité pulpaire contre 0,5 microns à proximité de la JAD,
- l'âge et les attaques bactériennes : un sujet âgé et une dent ayant subi diverses agressions carieuses présenteront des tubuli de diamètres inférieurs.

Ces canalicules, suivant leur densité et leur diamètre, sont une porte d'entrée plus ou moins importante à une invasion bactérienne. En outre, cette partie hydrophile de la dentine avec son fluide intra-tubulaire peut perturber le collage et l'infiltration des résines hydrophobes.

Types de dentine

Il existe des dentines qui diffèrent par leur position, leur composition et leurs propriétés mécaniques. Ainsi, on différencie :

- **Dentine périphérique ou manteau dentinaire** : elle se trouve en périphérie de la dentine coronaire. Elle joue le rôle d'amortisseur de contraintes.

- **Dentine coronaire primaire et secondaire physiologique** :

- **Dentine radiculaire** : elle s'apparente au manteau dentinaire avec une densité tubulaire et de dentine péri-tubulaire moindre par rapport à la dentine coronaire. Ainsi, cette partie dentinaire possède une résistance mécanique très intéressante grâce à sa concentration et à l'orientation des fibrilles de collagène.
- **Dentine sclérotique** : avec l'âge, il se passe une dégénérescence des odontoblastes entraînant des canalicules vierges. La nature n'aimant pas le vide, des cristaux d'hydroxyapatite s'y déposent, une minéralisation en péri-tubulaire se crée, allant jusqu'à une oblitération de ces canalicules. Ce

changement physiologique complique l'action du gel de mordantage et de la valeur de l'adhérence.

- **Dentine tertiaire pathologique** : face aux attaques acides bactériennes, deux types de dentines type pathologiques se mettent en place :
 - o **dentine réactionnelle** : elle se forme suite à une attaque modérée, voire lente. Les odontoblastes sécrètent cette dentine en canalicules et en continuité avec la dentine secondaire.
 - o **dentine réparatrice** : suite à une attaque plus sévère et rapide, cette dentine est apposée par des néo odontoblastes dépourvus de prolongements. Cette dentine est atubulaire et peu de cellules s'y logent. Il y a formation d'un pont dentinaire.

- **Dentine cariée** : Il existe plusieurs types de dentines observées après une attaque bactérienne :
 - o **dentine infectée** : l'élimination de cette couche est primordiale car présentant des bactéries. Elle est complètement déminéralisée et de consistance molle.
 - o **dentine affectée** : elle ne présente pas de bactéries. Il est intéressant de la conserver mais sa proportion hydrique importante, son réseau collagénique partiellement désorganisé, sa déminéralisation partielle et sa rigidité plus faible fait du collage un challenge à relever.
 - o **dentine transparente sclérotique** : transparente, elle fait une délimitation entre la dentine saine et affectée. Elle est donc très importante dans la limitation de la progression bactérienne.

3.2.3.3. Propriétés physico-chimiques et mécaniques

La dentine possède différentes structures qui sont en relation avec ses propriétés mécaniques. Ainsi, la densité tubulaire de chaque partie de la dentine est en relation très étroite avec les propriétés mécaniques.

Propriétés	Dentine	Email
Conductivité thermique (W/m/°C)	0,22	0,92
Coefficient de dilatation thermique (/°C)	$8,3 \cdot 10^{-6}$	$11,4 \cdot 10^{-6}$
Module d'élasticité (en GPa)	18,3	84,1
Résistance en traction (MPa)	98,7	10,3
Résistance en compression (MPa)	297	384
Résistance en cisaillement (MPa)	138	90
Dureté (kg/mm ²)	68 HK (Knoop) 90 HV (Vickers)	343 HK 408 HV

Tableau 2 : Les propriétés mécaniques moyennes de l'émail et de la dentine (38)

La **résistance à la fracture** ou ténacité dépend de plusieurs facteurs :

- la densité tubulaire : dans la couche externe de la dentine, il y a moins de tubuli, dotés par ailleurs d'un diamètre réduit,
- l'orientation des tubuli : une fissure parallèle aux tubuli et aux fibrilles de collagènes va donc se propager plus facilement.

3.2.3.4. Propriétés optiques

Sa **teinte** semi opaque et la **saturation** définissent les propriétés de la dentine. La teinte de la dent est caractérisée par la lumière qui est réfléchiée par le noyau dentinaire. Quant à la saturation, elle est due à la quantité de pigments dans la dentine, mais aussi aux caractéristiques de l'émail. En effet, plus l'émail sera fin ou minéralisé, plus la visibilité de la dentine sera importante et donc la saturation sera augmentée. On peut donc dire que la saturation augmente avec l'âge.

La dentine possède aussi des propriétés de **fluorescence** : de nombreux rayons ultraviolets proviennent de la lumière naturelle et se réfléchissent au niveau de la dentine sous forme de longueurs d'onde visibles, blanc intense, ou bleu. Attention à la lumière artificielle qui en est dépourvue. Ainsi, la dent sera moins lumineuse et blanche sous un scialytique par exemple. En outre, la fluorescence diminue avec l'âge.

4. Le collage

4.1. Les systèmes adhésifs amélo-dentaires (13)(14)

« Les adhésifs amélo-dentaires sont des biomatériaux d'interfaces. Ils contribuent à former un lien idéalement adhérent et étanche entre les tissus dentaires calcifiés et les biomatériaux de restauration ou d'assemblages » (14).

Le système adhésif est formé :

- d'un **agent acide** agissant comme agent de mordantage pour l'émail et la dentine,
- d'un **primaire** d'adhésion : il est composé d'une partie hydrophile avec le primaire pour se lier au substrat et d'une partie hydrophobe pour se lier à l'adhésif,
- d'un **adhésif** : formé de monomères résineux. Il pénètre le substrat dentaire et permet une attache avec la résine de collage.

La classification utilisée aujourd'hui est la **classification moderne internationale** et prend en compte les principes actifs des adhésifs.

4.1.1. Système M&R : Mordantage et rinçage

Ce système *total etch* ou *etch and rise* met en place l'étape systématique d'un mordantage à l'acide orthophosphorique 35%, d'un rinçage abondant et enfin d'un séchage mesuré. C'est seulement après que l'application du système adhésif s'effectue. Cette solution permet l'élimination complète de la boue dentinaire, améliorant grandement les valeurs d'adhésion.

Deux groupes se distinguent par leur nombre d'étapes nécessaires à leur application :

- M&R 3 : trois étapes sont nécessaires :
 - un mordantage, un rinçage abondant et un séchage doux,
 - l'application du primaire,
 - la pose de l'adhésif.



Figure 12 : Système M&R 3, Optibond FL (Kerr)

- M&R 2 : seulement deux étapes sont essentielles : après le même protocole de mordantage, rinçage et séchage effectué, le primaire et l'adhésif sont appliqués, de façon concomitante, car contenus dans le même flacon.



Figure 13 : Système M&R 2, Optibond Solo Plus (Kerr)

Les M&R 3, tels que L'Optibond FL et le Prime&Bond NT(15), sont encore considérés comme les *gold standard* de la dentisterie adhésive moderne. Ils présentent des avantages notamment dans les reculs cliniques et leur adhésion élevée à l'émail. Néanmoins, ils nécessitent un protocole plus strict de mise en place.

4.1.2. Système SAM : Système Auto mordant

Ces systèmes d'adhésif *self etch* se caractérisent par leur composante auto mordante. Ainsi, aucun traitement des surfaces dentaires n'est demandé avant l'application de ce système.

Comme chez les M&R, on peut distinguer deux types d'auto mordançant selon le nombre d'étapes nécessaires à leur mise en place :

- Les SAM 2 : l'acide et le primaire d'une part, puis la partie adhésive d'autre part forment deux étapes bien distinctes.



Figure 14 : Système SAM 2, Clearfil™SE Bond (Kuraray)

- Les SAM 1 : l'acide, le primaire et l'adhésif sont regroupés dans un seul et même contenant. Le type de solvant joue un rôle sur les forces d'adhérences au cisaillement et, en son absence, les adhésifs ont une moins bonne performance clinique. L'éthanol semble un solvant de choix pour l'adhésion à la dentine des SAM 1 (16).



Figure 15 : Système SAM 1, XenoIII (Dentsply Sirona)

L'acidité du primaire peut varier et permet de classer également ces SAM (13). Un primaire plus acide, entraîne une interaction accrue de celui-ci avec les tissus dentaires et une étape de mordantage moins active.

Avec l'utilisation des SAM, la déminéralisation et l'infiltration résineuse se fait dans le même temps, ainsi, tout ce qui est déminéralisé, est infiltré. De plus, cette méthode ne nécessite ni rinçage, parfois à l'origine de saignements de la gencive, ni séchage, qui, si trop important, est à l'origine de la percolation des fibres de collagène (macroleakage). En outre, la boue dentinaire n'est pas complètement retirée. Tout ceci fait que la probabilité de sensibilités post opératoires est très faible.

Leur performance d'adhésion s'améliore mais celles-ci sont encore significativement moins importantes à l'émail que les M&R. Il est donc conseillé de faire un pré mordantage à l'acide ortho phosphorique à 35% pendant 15 secondes, uniquement sur la surface amélaire, avant l'application du système auto-mordant.

De plus, l'utilisation de ces systèmes adhésifs augmenterait le risque d'une décoloration marginale par rapport à la technique mordantage-rinçage (17).

L'emploi de SAM peut être indiqué dans le cas de dents pulpées avec atteinte dentinaire.

4.1.3. Système Universel



Figure 16 : Scotchbond universel (3M) à gauche G-Premio (GC) à droite

Les adhésifs universels peuvent être employés de deux manières :

- comme un SAM 1 sans traitement préalable des surfaces dentaires,

- comme un M&R 2 avec un mordantage sélectif de l'émail avant son application.

Ces adhésifs ne sont contenus que dans un seul flacon facilitant leur utilisation et leur manipulation. Ils ont une possibilité d'adhésion avec les métaux et la zircone (14).

Ils sont classés selon leur pH (13) :

- doux : pH >2
- ultra doux >2,5

4.1.4. Etude clinique des adhésifs

Application du primer :

Réis et al montrent que l'application de plusieurs couches de primer ou toute substance en contenant (SAM) permet une meilleure accroche, une augmentation des valeurs d'adhérence, et une réduction de la dégradation de la liaison dentine-adhésif. Ainsi, frotter vigoureusement la dentine pendant 20 à 30 secondes, sécher, photopolymériser et répéter cette opération jusqu'à 4 fois n'est pas à négliger (18).

Performances cliniques :

L'adaptation marginale est l'élément le plus influant sur les performances d'un adhésif. En 2020, une étude prospective sur un an a évalué ce paramètre dans des restaurations occlusales postérieures. Les SAM ont révélé plus de défauts marginaux au niveau de l'émail par rapport aux M&R. Néanmoins, ces restaurations ont toutes été jugées cliniquement acceptables et n'ont pas exigé de retouche.

Des études à plus long terme permettraient d'en savoir un peu plus sur la performance de ces SAM (19).

Photopolymérisation :

Photopolymériser plus longtemps en doublant le temps de photopolymérisation conseillé par le fabricant permet une baisse des quantités résiduelles de solvants et de monomères libres et donc une amélioration de la longévité de la future restauration (20).

4.2. Les matériaux d'assemblage des restaurations partielles indirectes : les résines de collage

Les restaurations partielles indirectes doivent être assemblées par une résine de collage. Comme tout collage, ces colles doivent être utilisées sous digue à l'abri de toute contamination bactérienne et d'humidité.

Néanmoins, lors de préparations rétentives, un scellement au ciment verre ionomère peut être envisagé, comme le Ketac Cem ou le Fujicem Automix. Ils entraînent moins de contraintes au niveau de la dent, mais leur moindre liaison au substrat par rapport aux résines autoadhésives (21) et surtout leur mauvaise stabilité à long terme (22) n'en font pas des matériaux de choix.

Contrainte de polymérisation

Dans les études des différentes colles, est surtout évalué **la contrainte de polymérisation** car celle-ci apporte beaucoup d'informations sur les performances de ces colles.

Un retrait de polymérisation élevé peut entraîner (22) :

- une augmentation de la propagation des fissures,
- un écaillage et la fracture du matériau de restauration,
- la formation d'un espace marginal,
- des sensibilités dentaires,
- une décoloration du joint dento-prothétique,
- des caries secondaires.

En conséquence, une moindre contraction de polymérisation est préférable pour garantir l'étanchéité, un joint de qualité et la pérennité de la restauration prothétique.

Ce retrait de polymérisation ne dépend pas que de la colle mais aussi **du matériau de restauration et de sa teneur en charge** avec une relation inverse : une proportion élevée de composants inorganiques entraîne des valeurs de polymérisation plus faibles.

Application de la couche de collage

Sokowloski et al ont trouvé un effet clinique positif à l'application d'une couche de collage d'épaisseur **de 25 à 200 µm** dans la mise en place d'une pièce prothétique indirecte. Ainsi, une moindre formation d'une contrainte d'expansion sera observée, ce qui influencera le scellement de l'espace marginal et améliorera la rétention de la restauration au niveau de la dent (23).

4.2.1. Classification selon le potentiel adhésif décrit par Degrange (16)

4.2.1.1. Colle sans potentiel adhésif



Figure 17 : Variolink Esthetic Light Cure (Ivoclar Vivadent)

Ces colles sont obligatoirement associées à des systèmes adhésifs sans quoi l'adhésion n'aura pas lieu. Celles-ci sont couplées soit aux systèmes M&R 2 ou M&R 3 soit aux SAM 1 ou SAM 2.

Incompatibilités

Certaines incompatibilités peuvent exister entre des colles duales ou chémo-polymérisables et les systèmes adhésifs SAM ou M&R 2.

La couche d'inhibition à l'oxygène empêche la complète polymérisation des acides des monomères des SAM 1 ou M&R 2. Ainsi, ces monomères rentrent en relation avec l'amine tertiaire (base) de la colle. Cela crée une réaction acide-base. Cette amine n'est plus disponible pour la réaction d'oxydo-réduction normalement faite dans la colle.

Habituellement l'amine tertiaire de la colle rentre dans un processus de réaction d'oxydo-réduction pour former des radicaux libres oxybenzoyl. Cette réaction enclenche la polymérisation de la colle avec l'attaque des doubles liaisons méthacrylate (14).

Il est donc à privilégier l'emploi de coffrets et un suivi des recommandations du fabricant.

Exemples: Calibra (Densply), NX3 (Kerr), Multilink Automix (Ivoclar Vivadent), RelyX Ultimate (3M ESPE), G-CEM Link Force (GC), e-Cement (Bisico))

4.2.1.2. Colle avec potentiel adhésif

Ces colles possèdent des monomères fonctionnels leur concédant une propriété de liaisons chimiques aux tissus dentaires. Cependant, cette interaction avec les céramiques et tissus dentaires n'est pas suffisante pour une bonne adhésion. Ainsi, un traitement de surfaces au niveau de la dent et de la prothèse est nécessaire.

Deux types de monomères sont utilisés :

- les résines à base de 10-MDP (fig. 18) : pour les prothèses en alumine et zircone.



Figure 18 : Colle Panavia F (Kuraray), à prise duale

- les polymères à base de 4-META (4-méthacryloyloxyéthyl trimellitate anhydre) : comme le SuperBond (fig. 19), chémo-polymérisable qui permet, par son absence de charge et sa grande plasticité, le collage de substrat métallique.



Figure 19 : Colle SuperBond (Sun Medical) chémo-polymérisable

4.2.1.3. Colle auto adhésive (24)(25)(26)

Elle ne nécessite pas de préparation des surfaces dentaires. Tout est regroupé dans la colle : mordantage, primaire, adhésif et composite.



Figure 20 : RelyX Unicem 2 (3M) à gauche et le RelyX Universal (3M) à droite

Performances cliniques

Des restaurations indirectes en résine composite collées avec une colle auto-adhésive ont des performances semblables à celles des restaurations collées avec une résine conventionnelle dans une étude prospective à un an (27) et jusqu'à 4 ans (28)(29). Une recherche documentaire faite en 2013 fait l'état des lieux des colles auto adhésives et va dans le même sens sur leurs bonnes performances adhésives (30). Cependant, le faible nombre d'études cliniques et le recul sur ces agents de scellement auto-adhésifs est une limite importante à une conclusion sur leurs performances cliniques.

Avantages :

- Une simplification dans le protocole de collage
- Une réduction du temps de mise en œuvre entraînant un risque de contamination bactérienne moindre (21)
- Une moins grande incompatibilité à l'humidité que les autres colles
- Peu de sensibilités post opératoires
- L'esthétique
- Un mordantage sélectif à l'émail semble être important pour trouver des valeurs de collage comparables aux colles traditionnelles (31)(32). Dans le même sens, l'application d'un SAM est conseillée. Il augmente les forces d'adhérences en cisaillement au substrat dentaire des colles auto-adhésives (33).

- La mauvaise aptitude de la zircone et l'alumine au collage peut indiquer une colle auto adhésive. Ainsi, le type de colle doit être fait en fonction du type de matériaux choisi (21).

Inconvénients :

- Une contrainte de polymérisation plus élevée mais elle peut être expliquée par une forte liaison entre la céramique et la colle.
- Des préparations à minima allant dans le sens de la préservation tissulaire et donc d'une préparation peu rétentive n'indiquent pas les colles auto-adhésives.
- Un faible recul clinique montre des performances adhésives qui peuvent poser questions.
- Une étude de 2018 révèle un autre élément pouvant poser problème pour ces ciments auto-adhésif. De par leur teneur en monomères acides, ils présentaient l'absorption d'eau la plus élevée, et la formation de contrainte d'expansion hygroscopique, pouvant mettre en péril la pérennité de la restauration prothétique (34).

Nous allons de plus en plus vers cette simplification de protocole mais le faible recul clinique de ces colles autoadhésives est un obstacle pour se tourner vers cette unique solution. Le RelyX Unicem a souvent été étudié ce qui en fait une colle auto adhésive de choix.

4.2.2. Classification selon le mode de polymérisation

4.2.2.1. Colle photopolymérisable ou LightCure (LC)

Le photo-initiateur, grâce à l'apport de lumière, va former des radicaux libres et entraîner la réaction. La qualité de polymérisation dépend directement de la quantité de lumière. Ainsi, la restauration doit être assez translucide, d'épaisseur moyenne à faible (environ 2 mm maximum). Ce qui en fait une bonne indication pour les restaurations antérieures en céramiques tels que les facettes.

Une polymérisation incomplète peut être un problème avec la persistance de monomères libres en profondeur mettant en jeu la pérennité dans le temps de la restauration (35). La biocompatibilité de la colle est alors aussi remise en cause (36).

Le **composite de restauration classique est parfois chauffé** entre 55 et 60 degrés (37) et est utilisé comme matériau d'assemblage. Il est sans potentiel adhésif, photopolymérisable et de faible viscosité car chauffé.

L'abrasion de l'émail par les particules d'alumine affecte légèrement la surface dentaire pour la pose de la pièce prothétique. Dans une de ses études, Magne évalue le composite de restauration classique chauffé et conclut qu'il permet de recréer un meilleur repositionnement des restaurations prothétiques indirectes par rapport aux ciments résineux à double polymérisation et ainsi une meilleure adaptation des overlays, onlays et inlays à la ligne de base (38).

4.2.2.2. Colle chémopolymérisable ou autopolymérisable

Le mélange d'un peroxyde organique avec une amine tertiaire aromatique permet la production de radicaux libres et donc une polymérisation par voie chimique. Ses performances adhésives sont moindres par rapport à la colle photopolymérisable (21) et n'ont que peu d'intérêt dans les restaurations partielles.

4.2.2.3. Colle duale ou dual core

C'est le mélange des deux types de polymérisation. La photopolymérisation est importante car le taux de conversion obtenu serait moindre si elle n'était pas réalisée. Ses propriétés lui confèrent une polyvalence intéressante et indiquent cette colle duale pour tous les types de restaurations partielles antérieures et postérieures.

5. Les matériaux de restauration

5.1. Les résines composites

5.1.1. Composition et degré de conversion

Les composites sont composés de trois grandes phases :

- Une phase organique :

Il s'agit d'une matrice résineuse composée de différents monomères à base de **dérivés méthacrylates** :

- Bis-GMA (Bisphénol A glycérolate diméthacrylate)
- UDMA (Uréthanes di méthacrylates)
- TEGDMA (diméthacrylate de triéthylène glycol : il est utilisé comme diluant ou abaisseur de viscosité)
- HEMA méthacrylate de 2-hydroxyéthyle

Elle comprend également un **photo initiateur** : en général la camphroquinone. Il faut faire attention à bien avoir la bonne lampe à photopolymériser qui saura enclencher ce photo-initiateur. En outre, dans le cas de restaurations de grandes étendues, sont préférées des lampes avec un embout large, avec un profil de faisceaux homogènes, utilisées sur un temps d'exposition plus long (39). Une polymérisation correcte va améliorer les caractéristiques physiques et mécaniques de la résine composite et ainsi assurer une longévité clinique (40).

- Une phase inorganique

Elle est représentée par les charges au sein de la matrice, **charges minérales de nano silice SiO₂**. Ces charges sont modifiées en surface avec une taille moyenne de particules de 30 nm.

Les charges peuvent être de caractéristiques bien différentes. Ce sont les charges qui donnent les propriétés physiques et mécaniques du composite. Elles sont caractérisées selon :

- leur granulométrie : 5 nm à plus de 10 microns,
- leur morphologie : arrondies, sphériques ou asymétriques,
- leur taux de charge : une augmentation du taux de charge va augmenter la viscosité du composite mais également ses propriétés physiques et mécaniques.

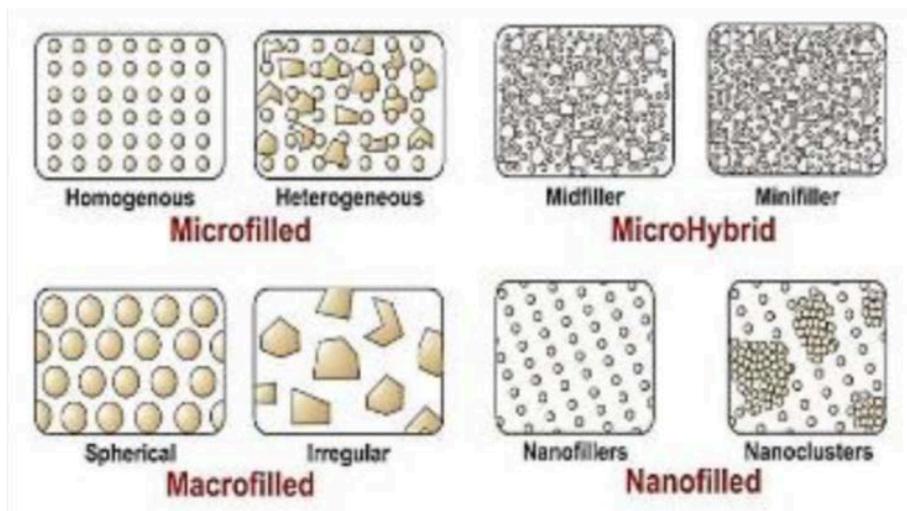


Figure 21 : Classification des composites (41)

Microfilled : Microchargé
Microhybrid : Microhybride
Macrofilled : Macrochargé
Nannofilled : Nanochargé

Ainsi, sont différenciés quatre grands types de composites selon leurs caractéristiques :

- microchargé,
- microhybride,
- macrochargé,
- nanochargé.

- Un agent de couplage :

Dérivée des organosilanes, c'est une phase permettant d'unir la matrice avec les charges.

5.1.1.1. Degré de conversion (42)

Une bonne polymérisation de l'ensemble de la restauration, et donc un bon degré de polymérisation, est important afin d'obtenir une reconstitution biocompatible et mécaniquement résistante dans le temps.

Il dépend essentiellement de la structure propre du matériau comme la structure chimique du monomère résineux (viscosité initiale du monomère ou sa flexibilité à se lier ou non à l'hydrogène) ou de la concentration du photo-initiateur. En outre, plus le composite est chargé, moins son degré de conversion sera bon.

Le degré de conversion des monomères fonctionnels résulte également de facteurs extrinsèques tels que les modalités de polymérisation.

5.1.1.2. Les silsesquioxanes oligomères polyédriques (POSS)

L'amélioration des propriétés mécaniques est un enjeu majeur pour les composites. Ainsi, un faible ajout (de 3 à 5% en poids) de méthacrylate polyhedral oligomeric silsesquioxane (POSS) dans les composites nano SiO₂ améliore sa composante mécanique avec également un retrait volumétrique plus faible après photopolymérisation (43)(44).

5.1.2. Composite de restauration conventionnelle

De viscosité plus ou moins importante, son insertion dans les restaurations doit se faire par incrémentation oblique, ce qui nécessite un certain temps de travail.

La mise en forme conventionnelle (fig. 22) se fait de la façon suivante :

- l'application d'un film fin d'adhésif
- l'application d'une couche fine de flow en fond de cavité ①
- les différentes incrémentations obliques au composite universel ②③④

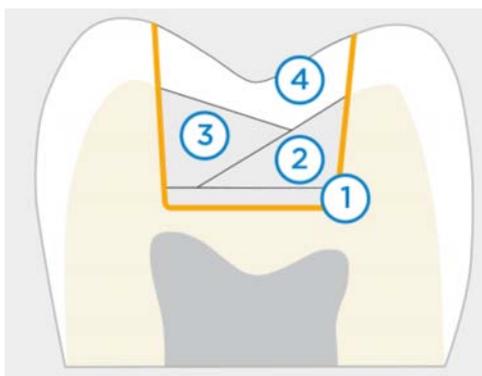


Figure 22 : Mise en forme d'une restauration de site 1
(l'adhésif est représenté par le film orange, source : dentsply sirona)

Avantages :

- Propriétés esthétiques avec une variété de teintes et de luminosité
- Propriétés physiques, optiques et chimiques

Inconvénients :

- Faible résistance à l'usure
- Retrait de polymérisation
- Faible adaptation marginale
- Temps de travail important dû à une incrémentation fastidieuse

Exemples :

- Ceram.x Spectra™ ST HV (Dentsply Sirona)
- G-aenial (GC)
- Tetric EvoCeram (Ivoclar Vivadent)
- Filtek Supreme XTE (3M ESPE)

Quel type de composite traditionnel choisir ?

Les performances mécaniques des composites hybrides et nanochargés sont semblables, voire supérieures, à celles des composites microchargés ou dits traditionnels. Le composite nanochargé possède une meilleure résistance à l'usure par abrasion mais une absorption d'eau supérieure au composite hybride (45).

Cependant, une revue systématique de 2018 en vient à la conclusion que le manque d'impartialité des articles ne permet pas de montrer une performance clinique

supérieure des composites nanochargés et microhybrides par rapport aux composites microchargés (46).

Aujourd'hui, de nouveaux composites nanohybrides renforcés par des charges de zircone sont apparus. Une étude de 2020 les met en avant et montre qu'ils apportent une résistance à la fracture plus élevée que les autres résines composites et un mode de fracture satisfaisant avec des fractures horizontales sur incisives latérales traitées par endodontie (47).

5.1.3. Composite de restauration réchauffé (37)

On peut également réchauffer un composite conventionnel afin de restaurer une dent en méthode directe. On place dans un dispositif de chauffage le composite 10 minutes avant son injection pour atteindre une température de 39 à 45 degrés lors de son application.

Par vibrations thermiques, de nombreux avantages sont obtenus grâce à cette technique :

- une augmentation de la mobilité des monomères libres et donc un meilleur taux de conversion des monomères,
- une meilleure biocompatibilité,
- une meilleure adaptation marginale grâce à une viscosité diminuée,
- une résistance à l'usure et une dureté renforcée.

Un inconvenient principal est à mettre en avant : le retrait de polymérisation est légèrement augmenté. Il est donc possible d'observer de micro fuites malgré une meilleure adaptation marginale du composite avant polymérisation.

5.1.4. Composite fluide



Figure 23 : Composite fluide G-aenial Universal Flow (GC)

Le composite fluide possède un faible taux de charges et une viscosité inférieure au composite conventionnel. Avec une proportion de matrice résineuse plus importante, il a un retrait de polymérisation plus élevé. Il peut s'utiliser dans des **restaurations de faibles étendues** ou bien en fond de cavité au niveau **de marches proximales** grâce à sa très bonne adaptation marginale. Ses faibles propriétés mécaniques et son fort retrait de polymérisation en fond un composite à utiliser avec parcimonie.

5.1.5. Composite de remplissage en vrac ou bulk fill



Figure 24 : Filtek One (3M) à gauche et Surefil SDR flow+ (Dentsply Sirona) à droite

De consistance plus ou moins visqueuse, sa mise en forme **est simplifiée** (fig. 25) avec l'apposition d'une couche pouvant aller jusqu'à 5 mm avant polymérisation ①. Cette polymérisation est possible par l'utilisation de photo-initiateurs supplémentaires ou

plus efficaces, ou par l'augmentation de la transmission de la lumière à travers le matériau (48).

Il est parfois recommandé comme dans les procédures du SDR (Dentsply Sirona), l'ajout en surface d'un composite universel (2).

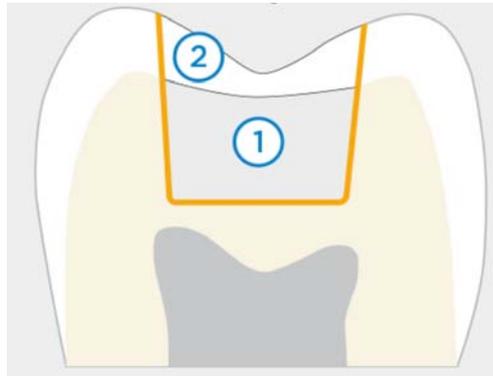


Figure 25 : Procédure d'incrémentation du SDR flow +
1 : composite SDR flow +
2 : coiffage par un composite universel
(l'adhésif est représenté par le film orange, source : dentsply sirona)

Outre la simplification de son protocole de mise en place, il possède d'autres **avantages par rapport au composite universel** :

- Les valeurs de contraintes de retrait de polymérisation ont été réduites avec son utilisation par rapport à un composite conventionnel, d'autant plus sur une cavité de large étendue (49). De plus, afin de réduire encore ses contraintes de retrait, une étude préconise l'application d'un revêtement fluide plutôt épais sous le composite de remplissage, de préférence par incrémentation (50).
- De moins grandes déformations et contraintes sont exercées sur les structures dentaires pour les composites en vrac (51)(52).
- Une résistance à la fracture plus élevée (53).
- Le degré de conversion des monomères est semblable indiquant une aussi bonne biocompatibilité (42).

Néanmoins, sa variation de couleur au cours du temps n'est pas aussi bonne que le composite conventionnel, ce qui peut influencer sur la longévité de la restauration (54).

Ses performances mécaniques permettent d'avoir des indications cliniques multiples : les cavités de moyennes et larges étendues, MOD (Mésio-Occluso-Distales), ou encore les molaires traitées endodontiquement (55).

Des études cliniques montrent, après 5 et 6 ans, des restaurations au bulk satisfaisantes par rapport aux restaurations en composite conventionnel (56)(57). Ainsi, les composites bulk fill peuvent être considérées comme une solution de restauration alternative permettant une simplification du temps opératoire (58).

5.1.6. Composite fibro-renforcé (CFRC) (59)

La matrice de polymère est interpénétrée de fibres de verre dont leur nombre, leur charge, leur position, leur orientation et leur longueur (de 0,5 à 1,6 mm) déterminent leurs propriétés mécaniques.

Les contraintes subies par la résine sont retransmises aux fibres. Elles jouent le rôle de stoppeurs de fissures. Ce composite fibré doit toujours être recouvert d'une couche de 2 mm de composite conventionnel photopolymérisable.



Figure 26 : Composite fibro-renforcé : Ever X Posterior (GC)

Ce composite renforcé est source de bons nombres d'**applications** :

- utilisé comme noyau dentinaire,
- sur dent vitale ou non,
- sur dent anciennement restaurée par un amalgame (présence de fissures),
- cavités avec 3 parois manquantes ou plus, avec remplacement d'une ou plusieurs cuspides,

- cavités profondes,
- cavités pouvant avoir une indication d'inlay/onlay.

Les fibres de verres orientées aléatoirement diffusent la lumière plus facilement dans les couches les plus profondes, ce qui facilite une bonne polymérisation. Les couches d'incréméntation peuvent aller jusqu'à 5 mm comme pour le bulk fill et se font par photopolymérisation.

L'apport de ces fibres aux composites conventionnels a beaucoup d'**avantages** :

- améliore la ténacité du matériau,
- une résistance à la flexion améliorée,
- une résistance à la fatigue par cisaillement augmentée,
- une résistance à la fracture améliorée : la durabilité de la liaison avec un adhésif,
- un plus faible retrait de polymérisation,
- une propagation des fissures moindre.

Ainsi, les propriétés mécaniques sont en général en tous points améliorées.

Les fibres de verres apportent une relation micromécanique accrue avec la dentine, ceci explique une force d'adhésion supérieure avec le substrat dentaire pour des couches de 2 à 4 mm par rapport aux composites conventionnels (60).

5.1.7. Les nouvelles résines modifiées à libération d'ions (61)

De nouveaux matériaux voient le jour tels que le Cention N (Ivoclar Vivadent), le Presto (Pulpdent), le Surefil One (Dentsply Sirona), le but étant de regrouper les performances mécaniques et esthétiques du composite conventionnel avec les performances biologiques du Ciment à Verre Ionomère (CVI). Une étude récente a prouvé un effet protecteur anti-déminéralisant à distance sur l'émail du Cention N (62).

Composite bioactif Activa™ (Pulpdent) (63)



Figure 27 : Activa BioActive (Pulpdent)

Le composite bioactif Activa™ a été introduit en 2013. Ses performances cliniques sont similaires sur des restaurations de type II à un an par rapport à des composites nanohybrides (64).

Il est appliqué en tant que composite de remplissage et doit être suppléé en surface par un composite universel. Il se lie au substrat dentaire par liaison chimique. Grâce à son hygrophyllie, il libère et se recharge en ions calciums, phosphates et fluorures continuellement. Il est indiqué comme **fond de cavité ou coiffage pulpaire indirect**.

Surfil One (Dentsply Sirona) (65)



Figure 28 : Composite Surfil One (Dentsply Sirona)

C'est un **composite de remplissage**, à prise duale, pour restaurations postérieures de classe I et II. Il est auto-adhésif et donc ne nécessite aucun traitement des surfaces dentaires. De plus, il est tolérant à l'humidité et effectue un relargage de fluorure continuellement. Ceci est à reconfirmer par des études.

Il est composé de MOPOS, un acide polyacrylique fonctionnalisé avec des groupements polymérisables, et non de Bis GMA, de TEGMA et d'HEMA. Cela lui confère de bonnes propriétés mécaniques et de résistance.

L'utilisation de ces composites bioactifs est une formule prometteuse afin d'assurer un relargage d'ions alcalinisants et avoir un contrôle positif sur la reminéralisation des dents. Des études cliniques supplémentaires sont néanmoins à effectuer pour valider leur performances mécaniques et biologiques.

5.1.8. Les composites en méthodes indirectes (35)(66)



Figure 29 : Blocs de composites usinables par CFAO LAVA Ultimate (3M ESPE) à gauche et Cérasmart (GC) à droite

Ils sont élaborés par les prothésistes par incrémentation progressive de plusieurs masses de composites photopolymérisés ou bien par le moyen de la CFAO.

Les blocs de composites nanohybrides usinables sont presque identiques aux composites conventionnels appliqués en méthode directe. Ils ont pour avantages :

- une augmentation du taux de charges : pour le LAVA Ultimate, il est de 80% en poids (contre un maximum de 70% pour les composites conventionnels en méthode directe ou indirecte),
- une facilité d'usinage,
- une adjonction possible avec un composite direct,
- une possibilité de réintervention,
- une augmentation du taux de conversion de 50/60% à 70/80% (67)(68) puisque les blocs sont polymérisés industriellement,
- de meilleures propriétés mécaniques et biologiques.

Cependant, seul un faible nombre de teintes n'est disponible au niveau de ces blocs. Le maquillage se fait par des composites fluides teintés, ce qui rend leur usure dans le temps assez rapide et une esthétique perfectible.

Ces blocs composites sont plus indiqués pour des **restaurations partielles postérieures**.

5.2. Le matériau mixte hybride : l'ENAMIC (Vita) (69)(66)



Figure 30 : Bloc de résine nano céramique usinable par CFAO Enamic (Vita)

Commercialisée depuis 2013, l'ENAMIC est une céramique hybride composée d'une matrice céramique interpénétrée d'un réseau de polymères. Cette combinaison permet d'obtenir une meilleure résistance à l'usure que le composite mais aussi de faciliter son usinabilité et de réduire sa fragilité par rapport à une céramique. De plus, en milieu hydrique, ses propriétés mécaniques sont moins affectées que celles des composites (67).

Les propriétés mécaniques de l'ENAMIC se trouvent entre la dentine et l'émail : ce matériau semble une bonne solution pour les restaurations postérieures qui ne demandent pas une esthétique singulière.

5.3 Les céramiques (66)(70)

Une céramique est composée d'une phase vitreuse avec une inclusion de cristaux. Plus une céramique est riche en verre, plus elle est translucide, donc esthétique mais aussi fragile. On distingue les céramiques vitreuses esthétiques et les céramiques cristallines opaques avec une très bonne résistance mécanique.

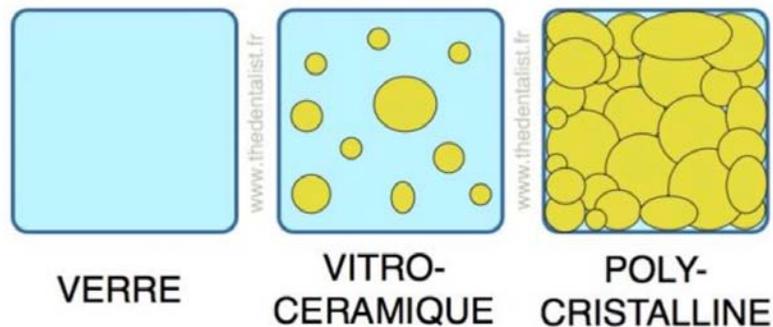


Figure 31 : les différents types de céramique (70)

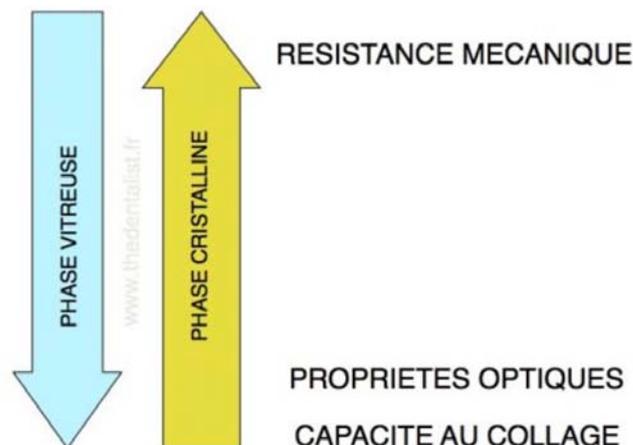


Figure 32 : Schéma montrant la corrélation entre les propriétés mécaniques, physiques et chimiques des céramiques et leur proportion en phase cristalline et vitreuse (70)

5.3.1. Les céramiques feldspathiques

Ce sont des céramiques traditionnelles confectionnées par les prothésistes et destinées à l'émaillage et au recouvrement de chapes métalliques. De par leur proportion importante en verre, ces céramiques ont une aptitude au collage importante et de bonnes propriétés optiques mais sont à l'inverse fragiles. Leur résistance à la flexion n'est que de 60 MPa.

5.3.2. Les vitrocéramiques



Figure 33 : Bloc de céramique feldspathique pour la CFAO, VITABLOCS Mark II (Vita)

Les vitrocéramiques possèdent une petite partie de phase cristalline (30%) dans une phase vitreuse. Cette phase cristalline permet d'augmenter la résistance mécanique de la céramique et s'oppose notamment à la propagation des fissures grâce à son interface verre/cristal. Les vitrocéramiques sont des céramiques dites « esthétiques ». Des blocs pressés sont utilisés pour être usinés par CFAO.

Un grand nombre de teintes, des saturations variées et une bonne translucidité sont de nombreux **avantages** à une utilisation esthétique.

Les vitrocéramiques peuvent être renforcées par une augmentation de leur phase cristalline à 70% environ par l'apport de :

- cristaux de leucite,
- disilicate de lithium,
- silicate de lithium et de zircone.

Ainsi, les propriétés mécaniques en sont améliorées avec une bonne résistance à la flexion et la fracture. Cela permet une épaisseur de matériau plus fine.

5.3.2.1. Renforcées à la leucite

Des cristaux de leucites sont ajoutés et repartis de manière aléatoire dans la phase vitreuse mais cela peut entraîner également la formation de fissures.

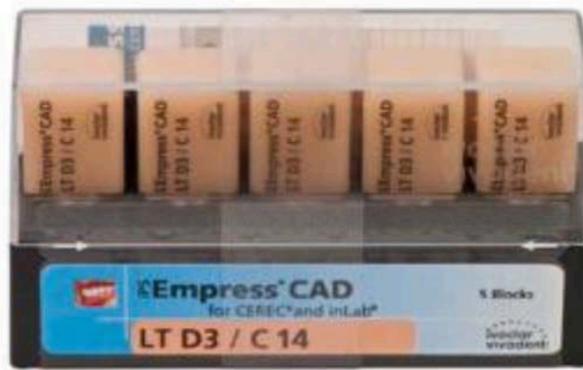


Figure 34 : Bloc de céramique renforcée à la leucite pour CFAO, IPS Empress CAD (Ivoclar Vivadent)

La céramique est réalisée soit par :

- technique pressée à chaud, en monolithique maquillée : l'esthétique peut sembler parfaite mais être jugée convenable sur les dents postérieures,
- technique pressée avec stratification afin d'avoir une restauration plus esthétique,
- bloc pour CFAO comme l'Empress CAD (Ivoclar-Vivadent) : ses caractéristiques mécaniques sont jugées satisfaisantes (5).

Les restaurations partielles postérieures comme les inlays ou onlays sont des indications à l'emploi de ces vitrocéramiques renforcées à la leucite.

5.3.2.2. Renforcées au disilicate de lithium



Figure 35 : Bloc de disilicate de lithium pour CFAO : Amber Mills (HASS)

Deux types de céramiques au disilicate de lithium se font face :

- technique pressée avec de grands bâtonnets (3 à 6 microns) de lithium,
- technique d'usinage par CFAO avec de petits bâtonnets (0,5 à 4 microns) de lithium (IPS e.max CAD – Ivoclar Vivadent, Amber Mill- HASS).

La technique pressée présente l'avantage d'une meilleure résistance à la flexion (400 MPa contre 360 MPa pour l'IPS e.max) par rapport à la technique CAD (Conception par Ordinateur) mais son abrasion forte sur les dents antagonistes est à prendre en compte. Afin d'éviter ce phénomène, la céramique peut être maquillée ou stratifiée après cristallisation.

Ces céramiques sont très régulièrement utilisées pour les restaurations partielles antérieures et postérieures. En effet, de nombreux avantages sont à mettre à leur actif :

- de bonnes propriétés mécaniques, meilleures que celle de la leucite,
- une bonne aptitude au collage,
- une esthétique intéressante avec des teintes et opacités variées. Elles peuvent même être indiquées sur moignons et dents dyschromiées.

5.3.2.3. Renforcées au silicate de lithium et zircon



Figure 36 : Bloc de silicate de lithium renforcé de zircon pour Cerec : Celtra Duo® (Dentsply)

Sous forme de blocs CFAO, ce sont les dernières céramiques apparues sur le marché avec une résistance mécanique comparable aux céramiques renforcées au disilicate de lithium.

Exemples : Suprinity® - Vita, Celtra Duo® -Dentsply

Ces céramiques renforcées au silicate de lithium et zirconium ont plusieurs avantages par rapport au disilicate de lithium :

- elles sont plus faciles à usiner,
- il est plus facile de les polir,
- elles ont une abrasion diminuée aux dents antagonistes.

5.3.3. Les céramiques alumineuses

Ces céramiques possèdent une grande proportion en alumine leur apportant une résistance mécanique très importante.

Le procédé In Céram est le plus démocratisé : un agglomérat de cristaux d'alumine, de spinelle (alumine et magnésium) ou d'alumine et de zirconium formant une barbotine, est partiellement fritté. Il est ensuite infiltré par une phase vitreuse en fusion.

Opaques et complexes à coller, les céramiques alumineuses sont plutôt utilisées en rôle d'armature et délaissées au détriment des matériaux hybrides comme l'Enamic.

5.3.4. Les céramiques denses ou polycristallines

La zirconium et l'alumine dense sont les principales céramiques de cette classe : Procera Alumina, Procera Zirconia. L'absence de phase vitreuse entraîne un collage compliqué et une opacité de la restauration mais de très bonnes propriétés mécaniques. Ainsi, leur microstructure se rapproche plus de l'alliage. Elles nécessitent d'être maquillées et les retouches après frittage ne sont pas conseillées.

Leurs très bonnes propriétés mécaniques les indiquent pour des overlays volumineux sur dents postérieures ou alors comme armatures de restaurations unitaires.

6. Protocole et application clinique de la restauration antérieure et postérieure d'une dent

La localisation de la reconstitution est un élément important à prendre en compte d'un point de vue biomécanique mais aussi esthétique. Une dent antérieure ne subit pas les mêmes contraintes que les dents postérieures et la demande esthétique se trouve plus élevée en secteur antérieur.

6.1. Les restaurations antérieures

Suite à un traumatisme ou une perte dentaire résultant de la maladie carieuse, il est nécessaire de reconstituer la dent de manière la plus esthétique et ressemblante aux autres. Ainsi, dans le secteur antérieur, rien n'est moins facile. Plusieurs solutions s'offrent à nous pour cela : le composite direct par stratification, la facette ou la couronne périphérique qui ne sera pas évoquée puisque c'est une thérapeutique plus invasive.

Il faudra penser à proposer un éclaircissement interne et/ou externe avant toute restauration antérieure.

6.1.1. La stratification

La technique de stratification est une option clinique intéressante car en phase avec la préservation tissulaire et les fondements du gradient thérapeutique. Elle va faire appel au sens artistique du praticien avec l'utilisation de masses de composite d'opacité et de translucidité différentes. Bien maîtrisée par le praticien, cette technique est une alternative intéressante aux reconstitutions partielles collées indirectes.

6.1.1.1. Indications

- Patient jeune : micro géographie avec les lobules dentinaires visibles
- Motivation et bonne hygiène bucco-dentaire
- Délabrement tissulaire léger à modéré

- Facultés du praticien

6.1.1.2. Méthode (71)

Le cas clinique (71) réalisé à Bordeaux par Benjamin Cazaux présente un patient venant pour un besoin esthétique au niveau de sa 11.

Un protocole est présenté avec l'apport de points clés à suivre afin d'assurer l'esthétique et la pérennité de la reconstitution antérieure par stratifications.



Figure 37 : analyse esthétique du sourire

En premier lieu, le patient a effectué un traitement d'éclaircissement interne mettant encore plus en relief l'inesthétisme de la restauration au composite de son incisive centrale maxillaire droite. Un protocole d'érosion/infiltration est effectué sur la 21 mais non abordé par la suite.

1^{ère} étape : Analyse de la forme



Figure 38 : Wax up et projet esthétique

Un projet esthétique virtuel via Keynote peut être mis en place pour aider le prothésiste à réaliser le wax up et à répondre à la demande esthétique du patient. Une clé palatine est ensuite réalisée.

2^{ème} étape : Analyse de la couleur



Figure 39 : Prise de teinte

La prise de couleur et la sélection des masses de composites *enamel* et *dentin* (Essentia® par GC) est une étape clé. Elle doit se faire obligatoirement avant la pose du champ opératoire afin d'éviter la déshydratation de la dent. C'est la technique des boutons de composite qui est utilisée ici. Ainsi, différentes masses sont apposées sur la dent :

- sur le bord cervical pour les masses dentinaires,
- au niveau du bord incisif pour les masses amélaire.

L'apport d'une photo avec filtre polarisant supprime la réflexion lumineuse et peut aider au choix de la bonne teinte.

3^{ème} étape : l'isolation



Figure 40 : Installation du champ opératoire

Une digue multiple est posée afin d'obtenir un collage de qualité et d'avoir un visuel sur la forme et les bords libres des dents adjacentes. La mise en place de bandelettes de téflon peut être intéressante afin de protéger les dents adjacentes lors de la pose du système de préparation amélo-dentinaire.

4ème étape : Préparation des surfaces dentaires



Figure 41 : Préparation des surfaces dentaire

On commence les étapes clés du traitement des surfaces dentaires : le mordantage sélectif de l'émail à l'acide orthophosphorique, le bonding avec un adhésif universel (GPremio-Bond® (GC), ou ScotchBond® (3M)) appliqué 15 secondes puis étalé à la seringue à air avant d'être photopolymérisé. Un sablage à l'alumine 27 microns peut être fait sur l'émail lors d'une perte majoritaire d'émail afin d'augmenter la surface de collage (72).

5ème étape : la stratification



Figure 42 : Mise en place du mur palatin à l'aide de la clé en silicone



Figure 43 (à gauche) : Formation des mamelons dentinaires
 Figure 44 (à droite) : Couche de masse externe amélaire déposée au pinceau

Tout d'abord, il faut analyser la cartographie des dents adjacentes pour s'en inspirer et ainsi mimer au mieux les dents adjacentes.

- En premier lieu, le mur palatin en masse amélaire est posé grâce à la clé en silicone issue du wax up (fig. 42).
- Dans le cas où le wax up n'aurait pas été utilisé, une matrice sectorielle galbée LuminContrast® de Polydentia en position verticale peut être utile dans la restauration d'un mur proximal en masse amélaire.
- Ensuite, on forme, à l'aide de sonde fine, la géographie des mamelons dentinaires (fig.43) à distance du bord libre. Cela aura une grande importance dans le résultat esthétique final.
- Enfin, une couche de masse amélaire est déposée à l'aide d'un pinceau large (fig. 44). Celle-ci ne doit pas dépasser 0,5 mm d'épaisseur.

6^{ème} étape : Après dépose de la digue, une gestion de l'occlusion statique et dynamique est réalisée et déterminera la pérennité de la restauration.

7^{ème} étape : Enfin les étapes de finition et de polissage interviennent :

- à l'aide d'une micro fraise bague rouge afin d'effectuer la macro géographie,
- par l'utilisation de disques en silicone comme *Eve Diacom Twist Plus* ou d'une cupule en caoutchouc avec des pâtes à polir « fines » et « extra-fines » du système Enhance® de Dentsply (fig. 45).

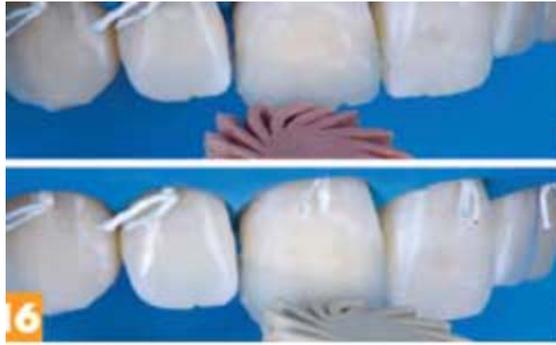


Figure 45 : Polissage

Cette étape est primordiale pour avoir un état de surface correct de la restauration et une intégration esthétique et tissulaire optimale.

8^{ème} étape :



Figure 46 : Résultat final

La réhydratation des dents se fait progressivement. La couleur de la dent et l'intégration esthétique finale ne se fait qu'à partir de ce moment-là, et doit être pris en compte dans l'appréciation du patient.

6.1.2. La facette

Dans le cas où la thérapeutique directe n'est pas réalisable, on se penche sur la restauration indirecte la moins délabrante : la facette. Il y a en moyenne 15 à 20% de perte tissulaire en moins dans la préparation d'une dent pour facette par rapport à celle pour une couronne standard (73).

6.1.2.1. Indications

- Demande esthétique forte
- Restauration directe qui ne tient pas dans le temps
- Dent dévitalisée dyschromiée (avec en première intention la technique d'éclaircissement interne + technique directe) avec cavité endodontique seule ou associée à une ou deux restaurations proximales de faibles volumes, sans perte d'angle ni de bord libre (73).

6.1.2.2. Contre-indications

- Cavité d'accès endodontique associée à une ou deux restaurations proximales de gros volumes, avec ou sans perte d'angle ou de bord libre

6.1.2.3. Protocole

Qu'une dent soit dévitalisée ou non, les règles de préparation d'une facette restent les mêmes. Plusieurs étapes sont à mettre en avant :

Anamnèse et analyse esthétique et fonctionnelle

On évalue la demande du patient et le projet esthétique et fonctionnel à mettre en place. Ainsi, le délabrement et la perte tissulaire globale, les rapports dento-gingivaux, la ligne des bords libres ou l'anatomie des dents adjacentes sont importants dans la réalisation d'une facette de qualité.

La demande au prothésiste d'un make up est parfois nécessaire notamment pour valider le projet esthétique, mais aussi pour une préparation de la dent facilitée.

Préparation de la dent

Des fraises de pénétration (avec ou sans masque) sont utilisées afin d'obtenir une préparation la moins mutilante possible.

La limite de préparation doit toujours se faire sur la dent et plus précisément dans l'émail pour une meilleure adhésion. Par contre, elle ne doit pas se faire au niveau de la zone la plus concave en palatin car soumise aux forces mécaniques importantes des dents antagonistes.

En plus de la prise de teinte des dents adjacentes, la communication au prothésiste de la couleur de la dent préparée est indispensable dans le but d'obtenir la translucidité idéale de la facette.

Le collage

Après la pose de la digue, les protocoles conventionnels sont établis :

- dans la préparation de la vitro céramique : le mordantage à l'acide fluorhydrique puis le traitement au silane est réalisé,
- dans la préparation de la dent : le système adhésif mordantage-rinçage est utilisé et est considéré comme la meilleure option pour cette indication.

Maintenance

A une semaine, le contrôle esthétique et fonctionnel avec la vérification de l'occlusion statique et dynamique est important.

6.2. Les restaurations postérieures en fonction de leur perte de substance

6.2.1. La perte de substance dentaire

Quand on commence à préparer la dent, on doit connaître les structures importantes à préserver. La perte de substrat dentaire est le facteur principal de prise en compte dans le choix de la restauration future. Toute atteinte dentaire diminue ses propriétés mécaniques. En effet, des préparations coronaires de dents de classe II MO (mésio-occlusales) ou MOD (mésio-occluso-distales) présentent une diminution de la résistance

à la fracture par rapport aux dents intactes. Aucune des restaurations n'est capable de rétablir complètement la résistance à la fracture initiale d'une dent indemne (74)(75). C'est ainsi que toute considération sera faite dans le sens de la préservation tissulaire.

Le maintien de la **crête marginale** est un enjeu majeur. Celle-ci est considérée comme une poutre de résistance (76)(77). Le risque de fracture passe de 20 à 46% après suppression d'une crête marginale et de 46% à 63% après suppression d'une deuxième crête.

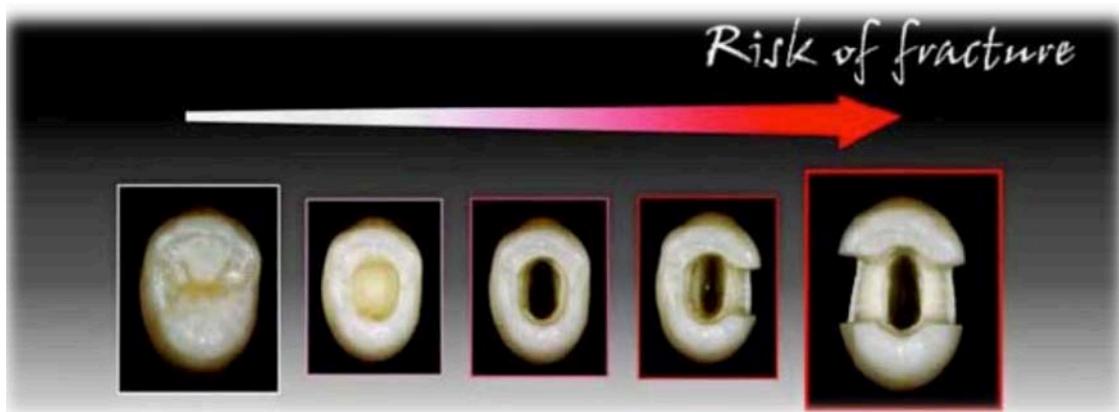


Figure 47 : Proportionnalité entre Risque de fracture et dégradation tissulaire (source : Rocca et Krejci : 2013)

De plus, le traitement endodontique augmente le risque de fracture de la dent (78). Des contraintes de Von Mises accentuées sont relevées dans la dentine par rapport à des dents vitales. Une restauration appropriée pourra atténuer ces contraintes internes sans toutefois entièrement restaurer son intégrité structurelle (79). On peut dire que le traitement endodontique est un facteur important de considération dans le risque de fracture de la dent mais semble moins déterminant que la perte d'une crête marginale.

6.2.2. Les traitements des lésions légères à moyennes : microdentisterie et restaurations directes au composite

6.2.2.1. Indications (10)

- Délabrements occlusaux et proximaux de faible à moyenne étendue avec au moins trois parois restantes et une crête marginale intacte

- Age du patient : chez le patient jeune, le collage sur la dentine sera plus aisé en raison de canalicules larges
- Absence d'ancienne restauration

6.2.2.2. Matériaux

Le meilleur matériau actuel pour la restauration de cavités légères à moyennes est le composite nano ou microchargé avec une charge de 65% minimum afin de résister à l'usure dans le temps.

Ces composites n'ayant pas de potentiel adhésif, on utilise un système amélo-dentinaire M&R ou SAM.

Lors de ce type de restauration directe, l'ajout d'une couche intermédiaire de polyuréthane diméthacrylate (PUDMA) entre la dent et la restauration directe en résine est intéressante dans la stabilité et la durabilité du joint de collage grâce à sa nature hydrophobe et élastique. Cela permet un tamponnement des contraintes interfaciales (81).

6.2.2.3. Restauration occlusale

L'incrémentation d'un composite conventionnel se fait par succession de couches obliques. Ceci permet la diminution du nombre de parois collées sur le nombre de parois non collées. Ainsi, cela va réduire le retrait de polymérisation, et les fissures au niveau de l'émail qui peuvent se former. Cependant, il ne faudra pas non plus trop augmenter le nombre d'incrémentations car cela risque d'augmenter le risque de formation de vides et de porosités (48).

Que la dent soit vitale ou non, la restauration de la dent se fait de manière identique à quelques détails près. En effet, il peut être indiqué l'instauration de la mise en place d'un sandwich fermé.

Une revue de 2017 s'intéresse à la restauration laminaire de grandes cavités de classe I par les composites renforcés par de **courtes fibres** complétés en surface par des

composites conventionnels. Ainsi, par cette technique, la **capacité de charge et le mode de défaillance** sont améliorés en comparaison à la restauration unique directe des composites conventionnels simples (60).

Le matériau de remplissage tel que le bulk fill est déposé en profondeur et va imiter le noyau pulpo-dentinaire. Ensuite, en surface, le composite de restauration va permettre une meilleure résistance à l'usure de l'ensemble de la restauration.

Enfin, quelle que soit la situation, une couche de glycérine est appliquée lors de la polymérisation finale dans le but d'empêcher la formation de la couche d'inhibition à l'oxygène.

6.2.2.4. Restauration occluso-proximale

Le même protocole est établi sauf qu'une matrice métallique est installée au niveau du rebord proximal. Une fine épaisseur de composite est déposée afin d'obtenir une bonne limite dent/composite. Ensuite, le mur proximal est monté en composite de restauration avant de s'atteler au comblement occlusal.

L'utilisation d'une couche intermédiaire telle qu'un composite fluide n'a pas amélioré la force d'adhérence de la dentine ni réduit le nanoleakage au niveau des marges gingivales des restaurations de classe II dans des conditions de vieillissement simulé (82).

Pour ce qui est des maintenances, il est conseillé de surveiller au fil des années l'état de surface des composites ainsi que le joint dent-restauration du fait de sa dilatation afin de prévenir de toute infiltration bactérienne. En conséquence, une légère réfection de la restauration avec un débridement, un mordantage, un système adhésif amélo-dentinaire puis un composite fluide, est parfois nécessaire (80).

6.2.2.5. Restauration mésio-occluso-distale (MOD)

L'utilisation de matériaux pour obturations directes n'est pas recommandée pour de grandes restaurations adhésives. Ainsi, les composites en vrac à base de résine ont montré des défaillances mécaniques importantes dans ce type de restauration (83).

6.2.3. Le traitement des lésions moyennes à importantes : les restaurations indirectes

En présence d'une cavité de dimension importante, il est parfois nécessaire de réaliser une restauration en méthode indirecte dans le but de « renforcer » les propriétés mécaniques de la dent. Dans un souci de préservation tissulaire et suivant le gradient thérapeutique de Tirlet et Attal, la conception d'une restauration adhésive de type inlay/onlay/overlay est préconisée.

6.2.3.1. Généralités et types de préparation (84)

Indications

- Cavité de taille moyenne à importante avec perte d'une cuspide ou plus (SISTA 1/4, 2/3 ou 2/4)
- Perte de deux parois proximales (cavité MOD)
- Symptomatologie de la dent fêlée avec une envie de maintenir la vitalité pulpaire (85)
- Dent pulpée ou non

Contre-indications

- Limite infragingivale avec impossibilité de faire une remontée de marge et de poser la digue
- Cas particulier des prémolaires maxillaires car il y a des fragilités dues à leur faible diamètre mésio-distal et une surface d'adhésion peu importante. Un RMIPP avec un tenon fibré ou une couronne sont parfois plus indiqués



Figure 48 : Inlay, onlays (source cabinetmaupassant.com)

Inlay

Définition : C'est une restauration sans recouvrement cuspidien.

Indications : Cavité de classe II de moyenne à grande étendue : MO, OD ou MOD

Matériau idéal : Composite

On peut noter que la méthode en composite directe peut être une solution alternative permettant une prévisibilité égale et une meilleure préservation tissulaire.

Onlay

Définition : C'est une restauration qui recouvre au moins une cuspide sans en recouvrir la totalité.

Indications :

- Cavité de classe II de grande dimension et sans fissure
- En présence d'une dent dévitalisée, celle-ci doit posséder au moins une crête marginale, avec deux parois axiales de part et d'autre, et d'épaisseur correcte

Matériaux : Composite ou céramique

Overlay

Définition : C'est une restauration avec un recouvrement cuspidien total.

Indications :

- Cavité de classe II de grande dimension avec une absence de parois axiales non soutenues, et de crête marginale

- Présence de fissures sur les dents vitales
- Dent traitée par endodontie, avec présence ou absence de parois résiduelles

Matériaux : Composite ou céramique feldspathique qui est le matériau de choix pour une dent fissurée ou une « couronne adhésive ».

6.2.3.2. Les principes de préparations des restaurations adhésives (84) : MDPT

Analyse et préparation initiale de la cavité

Il est nécessaire d'avoir une base solide avant d'y coller un élément prothétique. Ainsi, les paramètres influençant la conception de la préparation de la dent vont être analysés afin d'adapter le type de préparation (84)(85) :



Figure 49 : Evaluation de la quantité du substrat dentaire résiduel (85)

- après suppression de l'émail non soutenu, **l'épaisseur minimale des parois restantes** doit être de 2 mm pour les dents vitales et de 3 mm pour les dents traitées par endodontie, sinon les cuspides correspondantes devront être recouvertes afin d'améliorer la résistance mécanique résiduelle de la dent (86),
- **la présence de crêtes marginales,**
- **la largeur de l'isthme occlusal** doit être supérieure ou égale à 2 mm pour les composites et vitrocéramiques,
- **les murs cuspidiens résiduels.** En ce qui concerne les prémolaires, la **réduction des cuspides** est préconisée lorsque la largeur de l'isthme de la cavité est égale ou supérieure aux 2/3 de la largeur d'intercuspidie (87)(88). Les cuspides palatines des prémolaires maxillaires ont montré une fréquence de fractures plus

importante que les cuspides vestibulaires (89), pouvant nous amener à supprimer plus facilement celles-ci.

Etapes de préparation de la cavité

Les nouveaux principes de préparation des restaurations adhésives **MDPT (Morphology Driven Preparation Technique)** sont appliqués aux inlays, onlays et overlays ou à d'autres types de restaurations adhésives, tels que les veneerlay ou couronnes.



Figure 50 : Rainures de préparation occlusale (85)

Tout d'abord, une réduction de la surface occlusale de 1 à 2 mm est élaborée. Le guide de profondeur est réalisé avant la préparation et se fait, soit par pénétration de fraise (fig. 50), soit par un guide en silicone.



Figure 51 : Préparation d'une dent en vue d'une reconstitution par overlay (85)

La préparation de l'overlay se fait ici avec une limite palatine en butt joint, un **biseau incliné en vestibulaire**, et une limite en **slot (rainure)** en proximal. La rainure en

occlusal n'est pas obligatoire mais permet de repositionner plus facilement la pièce prothétique lors de l'assemblage, mais également d'augmenter la surface de collage.

Ensuite, les faces proximales sont préparées en général selon une limite en butt joint. **Les parois internes de la préparation sont divergentes de 6 à 10 degrés avec des bords nets et des angles arrondis.** Ensuite, les faces axiales sont préparées selon deux possibilités : une limite en butt joint ou une limite en biseau. Il s'en suit une réduction des différences de niveau entre les zones de préparations avec la création d'une **route de glissement** : cela apporte un meilleur mimétisme, une meilleure esthétique, une meilleure répartition des contraintes mécaniques, et une meilleure polymérisation de la résine de collage. Pour terminer, un polissage soigné avec des fraises tungstènes est effectué.

La connaissance de la morphologie anatomique et structurelle des dents est chose essentielle à la préparation de la cavité et notamment la ligne de plus grand contour. Celle-ci est située au niveau du :

- 1/3 cervical des faces vestibulaires et palatines des molaires et prémolaires maxillaires,
- 1/3 cervical des faces vestibulaires des molaires et prémolaires mandibulaires,
- 1/3 occlusal des faces linguales des molaires et prémolaires mandibulaires,
- 1/3 occlusal des zones interproximales.

Cela a une incidence sur le type de préparation à concevoir sur les différentes faces de la dent.

La préparation tissulaire met surtout en avant **deux types de limites** à élaborer :

- la limite de type « **butt joint** » : limite nette en épaulement à angle interne arrondi de 1,2 à 1,5 mm. Elle est réalisée dans les zones où les limites de la dent sont proches de la zone cervicale ou en dessous de la ligne de plus grand contour. D'après Ausiello et al, un angle de plus de 95 degrés au niveau de cette marge de préparation entraîne une susceptibilité plus importante de fracture de la cuspide linguale dans une cavité MOD (90).

- le « bevel » ou **biseau** : c'est un **plan incliné avec un chanfrein concave** en occlusal. Ce biseau est effectué, quant à lui, au-dessus de la ligne de plus grand contour. Il améliore la qualité de l'adhésion avec une optimisation de la découpe de l'émail et une augmentation de la surface d'émail fournie. Il optimise également la performance esthétique avec une bonne transition entre la dent et la restauration. Il permet enfin un agrandissement de l'espace prothétique périphérique.

Application clinique de la technique de préparation MDPT (84)

Cas d'une prémolaire maxillaire traitée par endodontie, et préparée suivant les recommandations des nouvelles techniques de préparation MDPT



Figure 52 : Photos à gauche montrant la préparation tissulaire et à droite après build up (84)



Figure 53 : Principes de préparation MDPT (84)

En jaune, un « butt joint » ou épaulement à angle interne arrondi de 1,2 mm à 1,5 mm :

- *toujours en interproximal*
- *murs axiaux : établis d'apical jusqu'à la ligne de plus grand contour*

En bleu, une réduction anatomique de la surface occlusale

En rouge, les murs interproximaux (6 à 10 degrés)

En vert, des plans inclinés mésio-distal et vestibulo-palatin :

- *murs axiaux, du plan occlusal jusqu'à la ligne de plus grand contour*

Principes généraux à respecter

Les morphologies de préparation peuvent varier selon les situations cliniques mais des principes généraux sont à respecter : (85)

- une absence de contre-dépouilles,
- des angles internes arrondis dans le but d'éviter les surfaces de frictions, les surfaces abruptes et de diminuer la résistance à la fracture du matériau de restauration en céramique
- des lignes de finitions nettes,
- la présence de substrat favorable à l'adhésion tel que l'émail et le build up,
- l'épaisseur du matériau pour la couverture des cuspides doit être :
 - De 1 à 1,5 mm pour le composite et le disilicate de lithium (pressé ou CAD/CAM). Néanmoins, d'après Magne et Knezevic, une réduction cuspidienne d'au moins 2,5 mm pour un overlay en composite sur une prémolaire permet une plus grande résistance à la fatigue et peut être associée à des fractures moins sous gingivales qu'une restauration avec un recouvrement de cuspide de 1,5 mm (88),
 - de 2 à 2,5 mm pour la céramique feldspathique et la vitrocéramique renforcée à la leucite,
- le surplomb interproximal de la restauration doit être au maximum de 2 mm.

Une bonne préparation détermine grandement la longévité de la restauration prothétique quelle qu'elle soit. Il a été démontré que les valeurs de contrainte dans l'émail et au niveau de l'interface entre la restauration et la dent sont principalement influencées par la forme de la préparation de la cavité (68)(87).

6.2.3.3. IDS (*Immediate Dentin Sealing*)

Il est recommandé de réaliser un scellement immédiat de la dentine juste après avoir fraisé la dentine en vue d'une restauration adhésive indirecte et particulièrement sur les dents vivantes (91).

Ainsi, un système de liaison dentinaire est appliqué directement après le fraisage de la dentine formant une couche hybride. Cela permet une réduction de la contamination bactérienne et de la sensibilité dentinaire. L'apport de l'IDS dans la stratégie de collage des restaurations collées postérieures indirectes permet également d'éviter la défaillance de l'adhésif (92).

Les étapes cliniques de l'IDS sont (93) :

Dans le cas d'une application d'un système SAM, on mordance l'émail 15 secondes puis on effectue l'application du SAM selon les recommandations du fabricant.

La création d'un build up

Après le scellement immédiat de la dentine (IDS), la mise en place d'un matériau de restauration en tant que build up est généralement nécessaire et permet un comblement des zones de contre dépouilles et la détermination de l'épaisseur de la future restauration (85).



Figure 54 : Mise en place du build up avec une résine composite (85)

Les matériaux de premier choix pour le build up sont les composites hybrides hautement renforcés avec une utilisation d'un adhésif dual. Si l'espace libre inter occlusal est faible, un mini build up au composite fluide est possible. Dans le cas de marges cervicales profondes, un composite fluide CFRC peut être utilisé pour sa facilité de mise en place (86).

6.2.3.4. Protocole de mise en place dans la réalisation d'une restauration partielle postérieure adhésive en céramique : (35)

Ce protocole est illustré par le cas clinique de Jean-Philippe Pia (86) réalisé sur une molaire mandibulaire.

Suite au diagnostic d'une parodontite apicale aiguë, un traitement endodontique est réalisé avec un composite de temporisation en fin de séance. Après évaluation de la situation clinique (fig.55), **l'indication de l'overlay en céramique** a été posée. Ses

performances mécaniques, sa pérennité esthétique et sa précision marginale sont des éléments en faveur de cette RPC (Restauration Partielle Collée).

Préparation



Figure 55 (à gauche) : Examen initial
Figure 56 (à droite) : Pose de la digue



Figure 57 (à gauche) : Elimination du composite et des parois dentaires fragiles
Figure 58 (à droite) : Cavité d'accès nettoyée après sablage

Une digue multiple est posée (fig. 56) puis la restauration provisoire en composite retirée (fig. 57). Un sablage fin à l'aide de particules d'alumine de 27 microns est effectué afin de nettoyer la cavité d'accès.

Après mordantage et application d'un adhésif, les composites de restauration (G-aenial Universal flow et Ever X Posterior) sont mis en place.



Figure 59 (à gauche) : L'acide orthophosphorique est appliqué sur les surfaces dentaires
Figure 60 (à droite) : Mise en place d'un build up par l'apport d'un composite de restauration

Le champ opératoire déposé, la dent est préparée selon les principes de préparation vus précédemment : un épaulement à angle interne arrondi en lingual et un biseau incliné à 45° en vestibulaire. Un « puits » est réalisé en occlusal mais n'est pas obligatoire. Il permet de repositionner plus facilement la pièce prothétique lors de l'assemblage mais aussi d'augmenter la surface de collage.



Figure 61 : Finitions de la préparations après avoir déposé la digue

L'empreinte physico-chimique faite, un matériau composite provisoire (*Télio CS Inlay/Onlay, Ivoclar Vivadent*) est posé.

Collage

Tout d'abord, la digue est remise en place afin d'assurer un collage dans des conditions idéales. Par la suite, un essayage de la pièce prothétique est fait à l'aide de glycérine.

Préparation des surfaces dentaires

Les dents voisines sont recouvertes de bandes de téflon afin de les protéger de tout produit. La préparation est nettoyée par un sablage à l'alumine. Ensuite, de l'acide orthophosphorique est appliquée sur les surfaces dentaires, en particulier sur l'émail périphérique. Une bande matrice est placée autour afin de protéger les dents adjacentes. Un rinçage abondant et un séchage fait suite. L'adhésif est apposé puis photopolymérisé.

Préparation de l'intrados de l'overlay céramique

Un sablage de l'intrados de la pièce prothétique peut être réalisé. Ensuite, de l'acide fluorhydrique de 5 à 10% y est déposé. On y applique un acide orthophosphorique afin d'éviter un surmordançage de la céramique. Enfin, après rinçage et séchage, le silane est apposé. On peut chauffer l'intrados à l'aide d'une lampe à photopolymériser pour faire évaporer le produit plus rapidement.

Assemblage et collage de l'overlay

Un stick de préhension est nécessaire pour manipuler aisément la pièce prothétique. On peut poser du superfloss (Oral B) dans les espaces proximaux pour les restaurations de classes II afin de faciliter l'élimination des excès sous les points de contacts et au niveau des faces proximales.

Un composite de collage auto adhésif à prise duale (G-Cem Link Force, GC) est enduit sur la restauration, et au niveau de ses limites dans le but d'éviter la formation de bulles. On peut également l'enduire directement sur l'intrados de la céramique.

L'overlay est bien inséré jusqu'au bout. L'adaptation marginale et occlusale sont vérifiées. Après gélification et avant polymérisation, les excès sont retirés à l'aide d'un pinceau imprégné d'un liquide de modelage, d'une sonde CK6 ou d'un fil dentaire.



Figure 62 : Mise en place de l'overlay et élimination des excès de colle à l'aide d'un pinceau

La polymérisation finale se fait toujours sous un gel de glycérine afin d'éviter la couche d'inhibition à l'oxygène. Après dépose de la digue, on vérifie l'absence d'excès de colle. Une radiographie est réalisée pour vérifier cela en interdentaire. Enfin, l'occlusion est

réglée dans les différents mouvements de l'espace. Un polissage assidu de l'ensemble est accompli. Une maintenance régulière et sérieuse permettra une pérennité de la restauration.



Figure 63 : Résultat dans la séance après le polissage complet

7. Données bibliographiques

Outre la notion de reproduction et mimétisme, la pérennité d'une restauration est un élément fondamental dans le schéma de gradient thérapeutique et de préservation tissulaire. Des types de restauration et des matériaux de choix pour la restauration future seront proposés à chaque situation clinique donnée, selon la position de la dent et son degré d'atteinte tissulaire.

7.1. Prémolaire

7.1.1. Dent vitale

A l'aide d'un overlay en céramique, on obtient une distribution des contraintes plus favorable sur une dent vitale de classe II MOD (87). Ainsi, il peut être recommandé de recouvrir complètement les cuspides, par une céramique sur une restauration de ce type.

7.1.2. Dent dévitalisée

Suite à un traitement endodontique, les prémolaires maxillaires, du fait de leur anatomie, ont une tendance à la séparation de leurs cuspides lors de la mastication (77). C'est dans ce sens que Xie et al recommandent un recouvrement complet des restaurations de classe II au niveau des premières prémolaires maxillaires avec un composite direct (76).

Il n'est pas recommandé la mise en place d'un inlay/onlay MOD en céramique sur des dents traitées par endodontie, notamment à cause de l'apparition de fractures graves (78)(94). Cela ouvre le sujet de la restauration en recouvrement partiel, voire total, de la prémolaire dévitalisée.

7.2. Molaire

7.2.1. Restauration occluso-proximale avec implication cuspidienne

Plotino et al en 2008 montrent que les performances mécaniques entre les restaurations directes et indirectes en résine composite sur une restauration de classe II avec une implication cuspidienne sont semblables (75).

7.2.2. Restauration MOD

7.2.2.1. Sans perte cuspidienne

Les résistances à la fracture entre les techniques directes et indirectes sont similaires. Cependant, les **inlays céramiques** semblent être une technique de restauration plus fiable du fait de leurs modes de fractures plus favorable par rapport à la restauration en composite (74).

Pour Liu et al, l'utilisation de la résine composite dans la restauration de dents avec des cavités MOD peut offrir une meilleure résistance à la fracture qu'avec la céramique (95). Jiang et al (79) vont dans le même sens et préconisent la restauration par **onlay composite**. En effet, ce type de restauration a montré une meilleure performance générale en minimisant les contraintes internes :

- après un traitement endodontique, une dent restaurée avec un onlay présente une meilleure répartition des contraintes que celle restaurée avec un inlay, quel que soit le matériau ou la condition de charge,
- il est montré que plus la valeur du module d'élasticité du matériau est élevée, plus la valeur des contraintes dans la dentine est augmentée. Ainsi, les restaurations en **résine composite** (module d'élasticité = 19 GPa) possèdent un schéma de distribution des contraintes plus favorable dans les restaurations de cavité MOD par rapport aux restaurations céramiques (module d'élasticité = 65 GPa).

Ainsi, le choix d'inlay en composite pour une restauration MOD peut être fait afin d'avoir une restauration durable et une meilleure distribution des contraintes.

7.2.2.2. Avec perte cuspidienne

D'après Magne et Knezevica, dans le cas d'une molaire **traitée endodontiquement par overlay** en CAD/CAM, **le composite augmente la résistance à la fatigue des restaurations** par rapport à la céramique (92)(96).

En 2020, Bijelic-Donova et al étudient les restaurations directes et montrent l'importance de la réalisation d'une restauration avec la technique bi-lamellaire en composite fibro-renforcé par rapport à la technique conventionnelle monocouche. Une meilleure **résistance à la fracture, un nombre et un mode de fracture** plus favorable, et un arrêt de **la propagation de la fracture** vers la jonction émail-cément vont dans le sens de l'application de la reconstruction biomimétique de la dent (97).

Conclusion

La dentisterie contemporaine a pour principal objectif la reproduction fonctionnelle, mécanique et esthétique de la dent naturelle. Outre la prise en compte de la pérennité de la restauration, c'est surtout le gradient thérapeutique et le principe de la préservation tissulaire qui sont recherchés dans le choix de la restauration.

Le concept du no post no crown de Magne est à mettre en avant et va vers la dentisterie actuelle et biomimétique mais peut poser question dans certaines situations. Les prémolaires subissent beaucoup de contraintes de cisaillement. L'adhésion est mise à rude épreuve et la question d'une augmentation de rétention par un ancrage radiculaire peut se poser.

La restauration directe en méthode bi-lamellaire biomimétique pour de larges restaurations reste une approche thérapeutique de choix dans la mesure du possible. Lorsque la dégradation tissulaire est trop importante, il est parfois nécessaire de recourir à une restauration un peu plus invasive : la restauration adhésive partielle indirecte. Que la restauration indirecte soit en céramique ou en résine, les résultats cliniques à long terme se sont montrés très positifs avec un taux de survie et de réussite très important.

L'arrivée de matériaux hybrides tel que l'ENAMIC est intéressante avec une volonté d'arriver à un biomatériau biomimétique et idéal. Des études cliniques plus approfondies sont nécessaires afin de d'approuver leurs bonnes performances mécaniques et fonctionnelles.

L'évolution permanente et rapide des biomatériaux d'adhésion, de collage et de restauration est une étape clé de la dentisterie adhésive. Il est donc nécessaire de suivre en permanence ces évolutions afin de pouvoir adapter au mieux notre vision de l'approche thérapeutique moderne de la restauration d'une dent unitaire.

Bibliographie

1. Magne P, Belser U. Restaurations adhésives en céramique sur dents antérieures: approche biomimétique. Paris : Quintessence International; 2003.
2. Tirlet J, Attal JP. Le gradient thérapeutique un concept médical pour les traitements esthétiques. [Internet]. [cité 13 avr 2020]. Disponible sur: http://www.leolasfargues.com/docs/pdf/articles/article_id_16.pdf
3. Xia J, Li Y, Cai D, Shi X, Zhao S, Jiang Q, et al. Direct resin composite restoration of maxillary central incisors using a 3D-printed template: two clinical cases. BMC Oral Health [Internet]. sept 2018 [cité 13 avr 2020];18. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6149011/>
4. Bretel ME. Le microscope opératoire en omnipratique [Internet]. LEFILDENTAIRE magazine dentaire. 2019 [cité 18 mars 2020]. Disponible sur: <https://www.lefildentaire.com/articles/clinique/omnipratique/le-microscope-operatoire-en-omnipratique/>
5. Senoussi I. Intérêt des aides optiques en chirurgie dentaire : analyse d'un questionnaire. [Internet]. [Thèse d'exercice]. Université de Toulouse III; sept 2015.
6. Berteretche M-V. Esthétique en odontologie. Collection JPIO. CdP, déc 2014
7. Biomimétique : définition simple et facile du dictionnaire [Internet]. [cité 21 mai 2021]. Disponible sur: <https://www.linternaute.fr/dictionnaire/fr/definition/biomimetique/>
8. Ancel H. Techniques actuelles de restauration adhésive des dents postérieures dépulpées. [Internet]. [Thèse d'exercice]. Université de Nancy; 2016 :157.
9. Lavenant A. Restaurations esthétiques des dents postérieures : approche moderne - AONews [Internet]. AONews le magazine dentaire qui nous rassemble. [cité 21 mai 2021]. Disponible sur: <http://www.aonews-lemag.fr/restauration-esthetique-dents-posterieures-lavenant/>
10. The Dentalist. Précieux email [Internet]. [cité 21 mai 2021]. Disponible sur: <http://thedentalist.fr/precieux-email/>
11. Etienne O, Anckenmann L. Restaurations esthétiques en céramique collée. Collection JPIO. Editions CdP, 2016.
12. Thompson VP. The tooth: an analogue for biomimetic materials design and processing. Dent Mater..janv 2020;36(1):25-42.
13. The Dentalist. Les adhésifs amélo-dentinaires [Internet]. 2016 [cité 2 mai 2021]. Disponible sur: <http://thedentalist.fr/les-adhesifs-amelo-dentinaires/>
14. Degrange M, Pourreyron L. Les systèmes adhésifs amélo-dentinaires. Société

francophone de biomatériaux dentaires. 2009-2010 :29.

15. Van Meerbeek B, Peumans M, Poitevin A, Mine A, Van Ende A, Neves A, et al. Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dent Mater* [Internet]. févr 2010 [cité 10 mai 2021];26(2):e100-21. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0109564109004941>
16. Ageel FA, Alqahtani MQ. Effects of the contents of various solvents in one-step self-etch adhesives on shear bond strengths to enamel and dentin. *J Contemp Dent Pract*. nov 2019;20(11):1260-8.
17. Loguercio AD, Rezende M, Gutierrez MF, Costa TF, Armas-Vega A, Reis A. Randomized 36-month follow-up of posterior bulk-filled resin composite restorations. *J Dent*. juin 2019;85:93-102.
18. Reis A, Albuquerque M, Pegoraro M, Mattei G, Bauer JR de O, Grande RHM, et al. Can the durability of one-step self-etch adhesives be improved by double application or by an extra layer of hydrophobic resin? *J Dent*. mai 2008;36(5):309-15.
19. Vinagre A, Ramos J, Marques F, Chambino A, Messias A, Mata A. Randomized clinical trial of five adhesive systems in occlusal restorations : one-year results. *Dent Mater J*. janv 2020;39(3):397-406.
20. Reis A, Ferreira SQ, Costa TRF, Klein-Júnior CA, Meier MM, Loguercio AD. Effects of increased exposure times of simplified etch-and-rinse adhesives on the degradation of resin-dentin bonds and quality of the polymer network. *Eur J Oral Sci*. oct 2010;118(5):502-9.
21. Sabatini C, Patel M, D'Silva E. *In vitro* shear bond strength of three self-adhesive resin cements and a resin-modified glass ionomer cement to various prosthodontic substrates. *Oper Dent* [Internet]. mars 2013 [cité 30 avr 2021];38(2):186-96. Disponible sur: <https://doi.org/10.2341/11-317-L>
22. Wiedenmann F, Becker F, Eichberger M, Stawarczyk B. Measuring the polymerization stress of self-adhesive resin composite cements by crack propagation. *Clin Oral Investig* [Internet]. 2021 [cité 29 avr 2021];25(3):1011-8. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7878217/>
23. Sokolowski G, Krasowski M, Szczesio-Wlodarczyk A, Konieczny B, Sokolowski J, Bociong K. The influence of cement layer thickness on the stress state of metal inlay restorations—Photoelastic analysis. *Materials* [Internet]. janv 2021 [cité 29 avr 2021];14(3). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7866133/>
24. Agier B. Les colles auto-adhésives : analyse de la littérature. [Internet]. [Thèse d'exercice]. [France]: Université de Nantes. Unité de Formation et de Recherche d'odontologie; 2012. [cité 5 avr 2020]. Disponible sur: <https://nantilus.univ-nantes.fr/vufind/Record/PPN160312922/Description#tabnav>
25. Manso AP, Carvalho RM. Dental cements for luting and bonding restorations: self-adhesive resin cements. *Dent Clin North Am*. 2017;61(4):821-34.

26. 3M. RelyX™ Universel : ciment de résine universel - Kit d'essai - 3M [Internet]. DentaTix - Boutique Dentaire Online. [cité 3 juin 2021]. Disponible sur: https://www.dentalix.com/fr/3m/relyxtm-universel-ciment-de-resine-universel-kit-dessai?sku=56970&gclid=Cj0KCQjw2NyFBhDoARIsAMtHtZ4kFw9-GbFr60FknHuFaVJL7Pnsw9d78D2nuyweBEHn8qaTTNK3_HcaAvLGEALw_wcB
27. Marcondes M, Souza N, Manfroi FB, Burnett LH, Spohr AM. Clinical evaluation of indirect composite resin restorations cemented with different resin cements. *J Adhes Dent.* 2016;18(1):59-67.
28. Peumans M, Voet M, De Munck J, Van Landuyt K, Van Ende A, Van Meerbeek B. Four-year clinical evaluation of a self-adhesive luting agent for ceramic inlays. *Clin Oral Investig* [Internet]. avr 2013 [cité 17 mai 2021];17(3):739-50. Disponible sur: <https://doi.org/10.1007/s00784-012-0762-9>
29. Taschner M, Krämer N, Lohbauer U, Pelka M, Breschi L, Petschelt A, et al. Leucite-reinforced glass ceramic inlays luted with self-adhesive resin cement: a 2-year *in vivo* study. *Dent Mater* [Internet]. mai 2012 [cité 17 mai 2021];28(5):535-40. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0109564111009316>
30. Weiser F, Behr M. Self-adhesive resin cements: a clinical review. *J Prosthodont* [Internet]. 2015 [cité 17 mai 2021];24(2):100-8. Disponible sur: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jopr.12192>
31. De Munck J, Vargas M, Van Landuyt K, Hikita K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Bonding of an auto-adhesive luting material to enamel and dentin. *Dent Mater.* déc 2004;20(10):963-71.
32. Duarte S, Botta AC, Meire M, Sadan A. Microtensile bond strengths and scanning electron microscopic evaluation of self-adhesive and self-etch resin cements to intact and etched enamel. *J Prosthet Dent.* sept 2008;100(3):203-10.
33. Meharry MR, Schwartz J, Montalvo A, Mueller D, Mitchell JC. Comparison of 2 self-adhesive resin cements with or without a self-etching primer. *Gen Dent.* févr 2020;68(1):22-8.
34. Sokolowski G, Szczesio A, Bociong K, Kaluzinska K, Lapinska B, Sokolowski J, et al. Dental resin cements : the Influence of water sorption on contraction stress changes and hygroscopic expansion. *Mater Basel Switz.* 8 juin 2018;11(6):973.
35. Marniquet S, Fron Chabouis H. Matériaux actuels pour les restaurations partielles [Internet]. LEFILDENTAIRE magazine dentaire. 2015 [cité 15 janv 2020]. Disponible sur: <https://www.lefildentaire.com/articles/clinique/esthetique/materiaux-actuels-pour-les-restaurations-partielles/>
36. Ngokwey IL. Libération des monomères par les résines composites en odontologie conservatrice: données actuelles. [Internet]. [Thèse d'exercice]. Université de Paris 7. Unité de Formation et de Recherche d'odontologie; 2017; :87.
37. Xue J, Yang B-N. [Effect of preheating on the properties of resin composite]. *West China J Stomatol.* déc 2019;37(6):571-6.

38. Magne P, Razaghy M, Carvalho MA, Soares LM. Luting of inlays, onlays, and overlays with preheated restorative composite resin does not prevent seating accuracy. *Int J Esthet Dent*. 2018;13(3):318-32.
39. Shimokawa C, Turbino ML, Giannini M, Braga RR, Price RB. Effect of curing light and exposure time on the polymerization of bulk-fill resin-based composites in molar teeth. *Oper Dent*. juin 2020;45(3):E141-55.
40. Maktabi H, Balhaddad AA, Alkhubaizi Q, Strassler H, Melo MAS. Factors influencing success of radiant exposure in light-curing posterior dental composite in the clinical setting. *Am J Dent*. déc 2018;31(6):320-8.
41. Sultan Z, Zafar M, Qasim S, Shahab S, Naseem M, AbuReqaiba A. Advances in nanotechnology for restorative dentistry. *Materials*. juill 2015;8:717.
42. Alshali RZ, Silikas N, Satterthwaite JD. Degree of conversion of bulk-fill compared to conventional resin-composites at two time intervals. *Dent Mater*. sept 2013;29(9):e213-217.
43. Wang J, Liu Y, Yu J, Sun Y, Xie W. Study of POSS on the properties of novel inorganic dental composite resin. *Polymers* [Internet]. 20 févr 2020 [cité 29 avr 2021];12(2). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7077635/>
44. Wang W, Sun X, Huang L, Gao Y, Ban J, Shen L, et al. Structure-property relationships in hybrid dental nanocomposite resins containing monofunctional and multifunctional polyhedral oligomeric silsesquioxanes. *Int J Nanomedicine*. 2014;9:841-52.
45. Alzraikat H, Burrow MF, Maghaireh GA, Taha NA. Nanofilled resin composite properties and clinical performance: a review. *Oper Dent*. août 2018;43(4):E173-90.
46. Angerame D, De Biasi M. Do nanofilled/nanohybrid composites allow for better clinical performance of direct restorations than traditional microhybrid composites ? A systematic review. *Oper Dent*. août 2018;43(4):E191-209.
47. Lin G-S-S, Ghani N-R-N-A, Ismail N-H, Singbal K, Murugeshappa D-G, Mamat N. Fracture strength of endodontically treated lateral incisors restored with new zirconia reinforced rice husk nanohybrid composite. *J Clin Exp Dent*. août 2020;12(8):e762-70.
48. Soares CJ, Faria-E-Silva AL, Rodrigues M de P, Vilela ABF, Pfeifer CS, Tantbirojn D, et al. Polymerization shrinkage stress of composite resins and resin cements – What do we need to know? *Braz Oral Res* [Internet]. 28 août 2017 [cité 31 mai 2021];31. Disponible sur: <https://www.scielo.br/j/bor/a/vTYSY4F6WXWV5rBhJKWsQQR/?lang=en>
49. Matuda AGN, Silveira MPM, de Andrade GS, Piva AM de OD, Tribst JPM, Borges ALS, et al. Computer aided design modelling and finite element analysis of premolar proximal cavities restored with resin composites. *Materials* [Internet]. mai 2021 [cité 10 juin 2021];14(9). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8125402/>
50. Kaisarly D, Meierhofer D, El Gezawi M, Rösch P, Kunzelmann KH. Effects of flowable liners on the shrinkage vectors of bulk-fill composites. *Clin Oral Investig*. janv 2021;

25(8):4927-4940.

51. Ólafsson VG, Ritter AV, Swift EJ, Boushell LW, Ko C-C, Jackson GR, et al. Effect of composite type and placement technique on cuspal strain. *J Esthet Restor Dent*. janv 2018;30(1):30-8.

52. Martins LC, Oliveira LRS, Braga SSL, Soares CJ, Versluis A, Borges GA, et al. Effect of composite resin and restorative technique on polymerization shrinkage stress, cuspal strain and fracture load of weakened premolars. *J Adhes Dent*. 2020;22(5):503-14.

53. Rosatto CMP, Bicalho AA, Veríssimo C, Bragança GF, Rodrigues MP, Tantbirojn D, et al. Mechanical properties, shrinkage stress, cuspal strain and fracture resistance of molars restored with bulk-fill composites and incremental filling technique. *J Dent*. déc 2015;43(12):1519-28.

54. Silva MF, Dias MF, Lins-Filho PC, Silva CHV, Guimarães RP. Color stability of bulk-fill composite restorations. *J Clin Exp Dent*. nov 2020;12(11):e1086-90.

55. Oliveira Schliebe LRS, Lourenço Braga SS, da Silva Pereira RA, Bicalho AA, Veríssimo C, Novais VR, et al. The new generation of conventional and bulk-fill composites do not reduce the shrinkage stress in endodontically-treated molars. *Am J Dent*. déc 2016;29(6):333-8.

56. van Dijken JWV, Pallesen U. Posterior bulk-filled resin composite restorations: a 5-year randomized controlled clinical study. *J Dent [Internet]*. août 2016 [cité 31 mai 2021];51:29-35. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030057121630094X>

57. Yazici AR, Kutuk ZB, Ergin E, Karahan S, Antonson SA. Six-year clinical evaluation of bulk-fill and nanofill resin composite restorations. *Clin Oral Investig. [Internet]* juin 2021

58. Durão M de A, de Andrade AKM, do Prado AM, Veloso SRM, Maciel LMT, Montes MAJR, et al. Thirty-six-month clinical evaluation of posterior high-viscosity bulk-fill resin composite restorations in a high caries incidence population: interim results of a randomized clinical trial. *Clin Oral Investig*. avr 2021;25(11):6219-6237.

59. GC Europe. everX Posterior. Fibre reinforced composite for dentin replacement. [Internet]. 2020 [cité 3 juin 2021]. Disponible sur: https://europe.gc.dental/nl-NL/products/everxposterior?language_content_entity=nl-NL

60. Garoushi S, Gargoum A, Vallittu PK, Lassila L. Short fiber-reinforced composite restorations: a review of the current literature. *J Investig Clin Dent [Internet]*. 2018 [cité 29 avr 2021];9(3):e12330. Disponible sur: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jicd.12330>

61. Francois P, Fouquet V, Attal J-P, Dursun E. Commercially available fluoride-releasing restorative materials: a review and a proposal for classification. *Materials [Internet]*. 18 mai 2020 [cité 11 juin 2021];13(10). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7287768/>

62. Par M, Gubler A, Attin T, Tarle Z, Tauböck TT. Anti-demineralizing protective effects on enamel identified in experimental and commercial restorative materials with functional fillers. *Sci Rep* [Internet]. 3 juin 2021 [cité 11 juin 2021];11. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8175467/>
63. Pulpdent. Aperçu d'ACTIVA BioACTIVE [Internet]. [cité 11 juin 2021]. Disponible sur: <https://pulpdent.fr/activa-bioactive/>
64. Bhadra D, Shah NC, Rao AS, Dedania MS, Bajpai N. A 1-year comparative evaluation of clinical performance of nanohybrid composite with Activa™ bioactive composite in Class II carious lesion: a randomized control study. *J Conserv Den.* févr 2019;22(1):92-6.
65. Dentsply Sirona France. Surefil one. [Internet]. [cité 11 juin 2021]. Disponible sur: <https://www.dentsplysirona.com/fr-fr/decouvrez-nos-produits/restauration/surefil-one.html>
66. Nasr K, Chabreron O, Arcaute B. Choix des blocs en CFAO directe en fonction de la situation esthétique dans le secteur antérieur [Internet]. *LEFILDENTAIRE magazine dentaire.* 2015 [cité 31 mai 2021]. Disponible sur: <https://www.lefildentaire.com/articles/analyse/materiel/choix-des-blocs-en-cfao-directe-en-fonction-de-la-situation-esthetique-dans-le-secteur-anterieur/>
67. Knobloch LA, Kerby RE, Seghi R, van Putten M. Two-body wear resistance and degree of conversion of laboratory-processed composite materials. *Int J Prosthodont.* oct 1999;12(5):432-8.
68. Lovell LG, Newman SM, Bowman CN. The effects of light intensity, temperature, and comonomer composition on the polymerization behavior of dimethacrylate dental resins. *J Dent Res.* août 1999;78(8):1469-76.
69. Ruse ND, Sadoun MJ. Resin-composite blocks for dental CAD/CAM applications. *J Dent Res.* déc 2014;93(12):1232-4.
70. Classification des nouvelles céramiques | The Dentalist [Internet]. [cité 2 juin 2021]. Disponible sur: <http://thedentalist.fr/la-revolution-ceramique/>
71. Boujemaa W, Lasserre JF, Génique Y et al. Quelle place pour la stratification de composites dans nos restaurations à visée esthétique ? [Internet]. *LEFILDENTAIRE magazine dentaire.* 2020 [cité 20 mars 2020]. Disponible sur: <https://www.lefildentaire.com/articles/clinique/esthetique/quelle-place-pour-la-stratification-de-composites-dans-nos-restaurations-a-visee-esthetique/>
72. Boujemaa W. Eclaircissement et stratification antérieure au composite : quelle stratégie adopter ? [Internet]. *LEFILDENTAIRE magazine dentaire.* 2019 [cité 23 mars 2020]. Disponible sur: <https://www.lefildentaire.com/articles/clinique/esthetique/eclaircissement-et-stratification-anterieure-au-composite-quelle-strategie-adopter/>
73. Etienne O, Watzki D. Facettes en céramique sur dents dévitalisées : une option clinique envisageable ? [Internet]. *LEFILDENTAIRE magazine dentaire.* 2014 [cité 20 mars 2020]. Disponible sur:

<https://www.lefildentaire.com/articles/clinique/esthetique/facettes-en-ceramique-sur-dents-devitalisees-une-option-clinique-envisageable/>

74. Cobankara FK, Unlu N, Cetin AR, Ozkan HB. The effect of different restoration techniques on the fracture resistance of endodontically-treated molars. *Oper Dent.* oct 2008;33(5):526-33.

75. Plotino G, Buono L, Grande NM, Lamorgese V, Somma F. Fracture resistance of endodontically treated molars restored with extensive composite resin restorations. *J Prosthet Dent.* mars 2008;99(3):225-32.

76. Xie KX, Wang XY, Gao XJ, Yuan CY, Li JX, Chu CH. Fracture resistance of root filled premolar teeth restored with direct composite resin with or without cusp coverage. *Int Endod J.* juin 2012;45(6):524-9.

77. Kalburge V, Yakub SS, Kalburge J, Hiremath H, Chandurkar A. A comparative evaluation of fracture resistance of endodontically treated teeth, with variable marginal ridge thicknesses, restored with composite resin and composite resin reinforced with Ribbond: an *in vitro* study. *Indian J Dent Res.* avr 2013;24(2):193-8.

78. Hannig C, Westphal C, Becker K, Attin T. Fracture resistance of endodontically treated maxillary premolars restored with CAD/CAM ceramic inlays. *J Prosthet Dent* [Internet]. 1 oct 2005 [cité 11 janv 2021];94(4):342-9. Disponible sur : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022391305004014>

79. Jiang W, Bo H, YongChun G, LongXing N. Stress distribution in molars restored with inlays or onlays with or without endodontic treatment: a three-dimensional finite element analysis. *J Prosthet Dent* [Internet]. 1 janv 2010 [cité 12 janv 2021];103(1):6-12. Disponible sur: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022391309602067>

80. D'Incau E, Soenen A, Pia JP. Restaurer sans tenon et sans couronne les dents postérieures ? [Internet]. LEFILDENTAIRE magazine dentaire. 2014 [cité 15 janv 2020]. Disponible sur: <https://www.lefildentaire.com/articles/clinique/esthetique/restaurer-sans-tenon-et-sans-couronne-les-dents-posterieures/>

81. Guo X, Cheng Q, Wang H, Yu G, Tian Z, Shi Z, et al. Synthesis, characterization, and aging resistance of the polyurethane dimethacrylate layer for dental restorations. *Eur J Oral Sci.* févr 2020;128(1):89-99.

82. de Mattos Pimenta Vidal C, Pavan S, Briso ALF, Bedran-Russo AK. Effects of three restorative techniques in the bond strength and nanoleakage at gingival wall of Class II restorations subjected to simulated aging. *Clin Oral Investig.* mars 2013;17(2):627-33.

83. Ausiello P, Ciaramella S, Garcia-Godoy F, Martorelli M, Sorrentino R, Gloria A. Stress distribution of bulk-fill resin composite in class II restorations. *Am J Dent.* août 2017;30(4):227-32.

84. Veneziani M. Posterior indirect adhesive restorations: updated indications and the Morphology Driven Preparation Technique. *Int J Esthet Dent.* janv 2017;12.(2):204-230.

85. Ferraris F. Posterior indirect adhesive restorations (PIAR): preparation designs and adhesthetics clinical protocol. *Int J Esthet Dent*. 2017;12(4):482-502.
86. Pia JP. « No post no crown dentistry » en secteur posterieur... de la préparation à l'assemblage [Internet]. *LEFILDENTAIRE magazine dentaire*. 2019 [cité 23 mars 2020]. Disponible sur: <https://www.lefildentaire.com/articles/clinique/esthetique/no-post-no-crown-dentistry-en-secteur-posterieur-de-la-preparation-a-lassemblage/>
87. Kantardžić I, Vasiljević D, Lužanin O, Maravić T, Blažić L. Influence of the restorative procedure factors on stress values in premolar with MOD cavity: a finite element study. *Med Biol Eng Comput*. oct 2018;56(10):1875-86.
88. Magne P, Knezevic A. Thickness of CAD-CAM composite resin overlays influences fatigue resistance of endodontically treated premolars. *Dent Mater*. oct 2009;25(10):1264-8.
89. Eakle WS, Maxwell EH, Braly BV. Fractures of posterior teeth in adults. *J Am Dent Assoc*. févr 1986;112(2):215-8.
90. Ausiello P, Ciaramella S, Garcia-Godoy F, Gloria A, Lanzotti A, Maietta S, et al. The effects of cavity-margin-angles and bolus stiffness on the mechanical behavior of indirect resin composite class II restorations. *Dent Mater* [Internet]. janv 2017 [cité 12 mai 2021];33(1):e39-47. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0109564116306194>
91. Nikaido T, Tagami J, Yatani H, Ohkubo C, Nihei T, Koizumi H, et al. Concept and clinical application of the resin-coating technique for indirect restorations. *Dent Mater J* [Internet]. 2018 [cité 4 avr 2020];37(2):192-6. Disponible sur: https://www.jstage.jst.go.jp/article/dmj/37/2/37_2017-253/_article
92. Magne P, Knezevic A. Simulated fatigue resistance of composite resin versus porcelain CAD/CAM overlay restorations on endodontically treated molars. *Quintessence Int (Berlin)*. févr 2009;40(2):125-33.
93. Qanungo A, Ajay Aras M, Chitre V et al. Immediate dentin sealing for indirect bonded restorations | Elsevier Enhanced Reader [Internet]. [cité 4 avr 2020].
94. Yazdi HK, Sohrabi N, Mostofi SN. Effect of direct composite and indirect ceramic onlay restorations on fracture resistance of endodontically treated maxillary premolars. *Front Dent*. avr 2020;17(8):1-8.
95. Liu X, Fok A, Li H. Influence of restorative material and proximal cavity design on the fracture resistance of MOD inlay restoration. *Dent Mater*. mars 2014;30(3):327-33.
96. Magne P, Knezevic A. Influence of overlay restorative materials and load cusps on the fatigue resistance of endodontically treated molars. *Quintessence Int (Berlin)*. oct 2009;40(9):729-37.
97. Bijelic-Donova J, Keulemans F, Vallittu PK, Lassila LVJ. Direct bilayered biomimetic composite restoration: The effect of a cusp-supporting short fiber-reinforced base design on the chewing fracture resistance and failure mode of molars with or without

endodontic treatment. J Mech Behav Biomed Mater. mars 2020;103:103554.

Table des Figures

Figure 1 : Le «gradient thérapeutique» adapté aux anomalies des dents antérieures (2)	12
Figure 2 : Les 3 types de CFAO dentaire.....	14
Figure 3 : Examen clinique et radiologique avec fracture amélo-dentinaire de l'angle distal de la 21	15
Figure 4 : Conception 3D du guide palatin.....	15
Figure 5 : Impression du guide.....	16
Figure 6 : Après la pose de la digue et l'apport du guide palatin, le résultat est très satisfaisant	16
Figure 7 : Lunettes avec loupes Orasoptic et système de lampe sans fil	18
Figure 8 : Inserts C20 (Satelec).....	19
Figure 9 : Coupe transversale d'une molaire mettant en avant l'émail (A), la dentine (B) et la jonction amélo-dentinaire (C) (10)	20
Figure 10 : Coupe transversale de prismes d'émail	22
Figure 11 : Coupe transversale au microscope électronique à balayage (MEB) au niveau de la JAD (source Attal et coll, 2014).....	24
Figure 12 : Système M&R 3, Optibond FL (Kerr).....	30
Figure 13 : Système M&R 2, Optibond Solo Plus (Kerr)	30
Figure 14 : Système SAM 2, ClearfilTMSE Bond (Kuraray).....	31
Figure 15 : Système SAM 1, XenolIII (Dentsply Sirona).....	31
Figure 16 : Scotchbond universel (3M) à gauche G-Premio (GC) à droite	32
Figure 17 : Variolink Esthetic Light Cure (Ivoclar Vivadent).....	35
Figure 18 : Colle Panavia F (Kuraray), à prise duale.....	37
Figure 19 : Colle SuperBond (Sun Medical) chémostabilisable	37
Figure 20 : RelyX Unicem 2 (3M) à gauche et le RelyX Universal (3M) à droite.....	38
Figure 21 : Classification des composites (41).....	42
Figure 22 : Mise en forme d'une restauration de site 1	44
Figure 23 : Composite fluide G-aenial Universel Flow (GC)	46
Figure 24 : Filtek One (3M) à gauche et Surefil SDR flow+ (Dentsply Sirona) à droite	46
Figure 25 : Procédure d'incrémentation du SDR flow +	47
Figure 26 : Composite fibro-renforcé : Ever X Posterior (GC)	48
Figure 27 : Activa BioActive (Pulpdent).....	50
Figure 28 : Composite Surfild One (Dentsply Sirona).....	50
Figure 29 : Blocs de composites usinables par CFAO LAVA Ultimate (3M ESPE) à gauche et Cérasmart (GC) à droite	51
Figure 30 : Bloc de résine nano céramique usinable par CFAO Enamic (Vita).....	52
Figure 31 : les différents types de céramique (70).....	53
Figure 32 : Schéma montrant la corrélation entre les propriétés mécaniques, physiques et chimiques des céramiques et leur proportion en phase cristalline et vitreuse (70).....	53
Figure 33 : Bloc de céramique feldspathique pour la CFAO, VITABLOCKS Mark II (Vita) ..	54
Figure 34 : Bloc de céramique renforcée à la leucite pour CFAO, IPS Empress CAD (Ivoclar Vivadent)	55
Figure 35 : Bloc de disilicate de lithium pour CFAO : Amber Mills (HASS).....	55
Figure 36 : Bloc de silicate de lithium renforcé de zircon pour Cerec : Celtra Duo® (Dentsply).....	56
Figure 37 : analyse esthétique du sourire	59

Figure 38 : Wax up et projet esthétique.....	59
Figure 39 : Prise de teinte.....	60
Figure 40 : Installation du champ opératoire.....	60
Figure 41 : Préparation des surfaces dentaire.....	61
Figure 42 : Mise en place du mur palatin à l'aide de la clé en silicone.....	61
Figure 43 (à gauche) : Formation des mamelons dentinaires.....	62
Figure 44 (à droite) : Couche de masse externe amélaire déposée au pinceau.....	62
Figure 45 : Polissage.....	63
Figure 46 : Résultat final.....	63
Figure 47 : Proportionnalité entre Risque de fracture et dégradation tissulaire (source : Rocca et Krejci : 2013).....	66
Figure 48 : Inlay, onlays (source cabinetmaupassant.com).....	70
Figure 49 : Evaluation de la quantité du substrat dentaires résiduel (85).....	71
Figure 50 : Rainures de préparation occlusale (85).....	72
Figure 51 : Préparation d'une dent en vue d'une reconstitution par overlay (85).....	72
Figure 52 : Photos à gauche montrant la préparation tissulaire et à droite après build up (84).....	74
Figure 53 : Principes de préparation MDPT (84).....	74
Figure 54 : Mise en place du build up avec une résine composite (85).....	77
Figure 55 (à gauche) : Examen initial.....	78
Figure 56 (à droite) : Pose de la digue.....	78
Figure 57 (à gauche) : Elimination du composite et des parois dentaires fragiles.....	78
Figure 58 (à droite) : Cavité d'accès nettoyée après sablage.....	78
Figure 59 (à gauche) : L'acide orthophosphorique est appliqué sur les surfaces dentaires.....	78
Figure 60 (à droite) : Mise en place d'un build up par l'apport d'un composite de restauration.....	78
Figure 61 : Finitions de la préparations après avoir déposé la digue.....	79
Figure 62 : Mise en place de l'overlay et élimination des excès de colle à l'aide d'un pinceau.....	80
Figure 63 : Résultat dans la séance après le polissage complet.....	81

Table des Tableaux

Tableau 1 : Avantages et limites du microscope dans la restauration d'une dent unitaire	17
Tableau 2 : Les propriétés mécaniques moyennes de l'émail et de la dentine (38)	28

HOCEPIED (Simon). – L’approche moderne de la reconstitution d’une dent unitaire : principe biomimétique et bioémulation. – 97 f. ; ill. ; 2 tabl. ; 97 ref. ; 30 cm (Thèse : Chir. Dent ; Nantes ; 2022)

RESUME

La dentisterie moderne se concentre sur un principe simple : la dent naturelle. Il est question de reproduire ses propriétés fonctionnelles, mécaniques, et esthétiques tout en respectant la notion de préservation tissulaire. Les matériaux de collage, de restaurations, et leurs techniques de mise en place seront étudiés afin d’évaluer au mieux la reconstitution de la dent.

RUBRIQUE DE CLASSEMENT

Prothèse dentaire – Odontologie conservatrice

MOTS CLES MESH

Restaurations dentaires permanentes – Dental Restoration, permanent
Collage dentaire – Dental bonding
Biomimétique – Biomimetics

JURY

Président : Professeur AMOURIQ Y.
Assesseur : Docteur JORDANA F.
Assesseur : Docteur HIBON C.
Directeur : Docteur BODIC F.

ADRESSE DE L’AUTEUR :

7 rue Dugommier – 44000 Nantes
auxsimon@hotmail.fr