

NANTES UNIVERSITÉ
UNITÉ DE FORMATION ET DE RECHERCHE D'ODONTOLOGIE

Année 2022

N° 3824

**La vitalité pulpaire, un défi quotidien dans les restaurations
dentaires modernes par inlay – onlay**

THÈSE POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE
DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement par

DJEMA Inès

Le 13/09/2022 devant le jury ci-dessous

Président : Monsieur le Professeur Yves AMOURIQ

Assesseur : Madame le Docteur Fabienne JORDANA

Co-directeur : Monsieur le Docteur François BODIC

Directeur de thèse : Monsieur le Docteur Gilles AMADOR DEL VALLE

 Nantes Université	Présidente Pr. BERNAULT Carine
 Pôle Santé UFR Odontologie	Doyen Pr. SOUEIDAN Assem
	Asseseurs Pr GAUDIN Alexis Pr LE GUEHENNEC Laurent Pr LESCLOUS Philippe

Professeurs des Universités - Praticiens Hospitaliers des C.S.E.R.D	
ALLIOT-LICHT Brigitte AMOURIQ Yves CHAUX Anne-Gaëlle GAUDIN Alexis LABOUX Olivier LE GUEHENNEC Laurent	LESCLOUS Philippe LOPEZ Serena PEREZ Fabienne SOUEIDAN Assem WEISS Pierre

Professeur des Universités
BOULER Jean-Michel

Maitre de conférence des Universités
VINATIER Claire

Professeur Emérite
GIUMELLI Bernard

Enseignants Associés	
GUIHO Romain (Professeur Associé) LOLAH Aoula (MCU Associé) MAITRE Yoann (MCU Associé)	AMICHIA ALLOH Yomin Cécile (Assistant Associé) BANDIAKY Octave (Assistant Associé) IDIRI Katia (Assistant Associé)

Maitres de conférences des Universités - Praticiens Hospitaliers des C.S.E.R.D	Chef de Clinique des Universités - Assistant des Hôpitaux des C.S.E.R.D
AMADOR DEL VALLE Gilles ARMENGOL Valérie BLERY Pauline BODIC François CLOITRE Alexandra DAJEAN-TRUDAUD Sylvie ENKEL Bénédicte HOORNAERT Alain HOUCHMAND-CUNY Madline JORDANA Fabienne LE BARS Pierre NIVET Marc-Henri PRUD'HOMME Tony RENARD Emmanuelle RENAUDIN Stéphane RETHORE Gildas SERISIER Samuel STRUILLOU Xavier VERNER Christian	BLEU Oriane CLOUET Roselyne EVRARD Lucas GUILLEMIN Maxime HASCOET Emilie HEMMING Cécile HIBON Charles OYALLON Mathilde PREVOT Diane QUINSAT Victoire Eugenie REMAUD Matthieu REMAUD Thomas

Praticiens Hospitaliers	
DUPAS Cécile	HYON Isabelle

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.

À Monsieur le Président du Jury,

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 les Recherches

Département de Prothèses

Chef de Service d'Odontologie Restauratrice et Chirurgicale

Je vous remercie de me faire l'honneur de présider ce jury de thèse.

Je vous remercie également pour l'enseignement que m'avez dispensé avec pédagogie et gentillesse tout au long de ma scolarité.

Veillez trouver dans ce travail l'expression de mon profond respect et de ma reconnaissance.

À Monsieur le Directeur de thèse,

Monsieur le Docteur Gilles Amador Del Valle,

Maitre de conférences des Universités

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

Docteur de l'Université de Nantes Habilité à Diriger les Recherches

*Chef du Département de Prévention - Épidémiologie – Économie de la santé – Odontologie
légale*

Je vous remercie tout d'abord d'avoir accepté la direction de cette thèse.

Merci pour votre disponibilité et votre implication tout au long de mon parcours.

Veuillez trouver dans ce travail l'expression de toute mon estime et de ma gratitude.

À Monsieur le Co-Directeur de thèse,

Monsieur le Docteur François Bodic,

Maitre 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

Je vous remercie de l'intérêt que vous avez apporté à ce sujet de thèse.
Je vous remercie également pour tout ce que vous m'avez apporté comme connaissances et conseils au cours de mes années d'études.

À Madame assesseur du jury,

Madame le Docteur Fabienne Jordana,

Maitre de conférences des Universités

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

Docteur de l'Université de Bordeaux Habilitée à Diriger les Recherches

*Département de Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques, Biomatériaux,
Biophysique, Radiologie*

Merci de m'avoir fait l'honneur d'accepter de siéger dans ce jury de thèse.

Je vous remercie très sincèrement pour la qualité de votre enseignement tout au long de mes études.

Veuillez accepter l'expression de mon profond respect.

Table des matières

Introduction	9
I- Incidence de la réalisation d'inlay-onlay sur le complexe dentino-pulpaire	11
I.1 Structure dentino-pulpaire et mécanismes des complications post-opératoires.....	11
I.1.1 Complexe dentino-pulpaire	11
I.1.2 Sensibilités post-opératoires	14
I.2 Étiologie des complications post-opératoires.....	16
I.2.1 Présence d'une inflammation pulpaire non décelée	16
I.2.2 L'anesthésie	17
I.2.3 Préparation mécanique	17
I.2.4 Empreintes.....	21
I.2.5 Matériaux provisoires	22
I.2.6 Collage	24
II- Prévention des complications post-opératoires lors de la réalisation d'inlay-onlay sur dents vitales.....	28
II.1 Étapes de la restauration prothétique.....	28
II.1.1 Diagnostic pulpaire pré-prothétique	28
II.1.2 Préparation	31
II.1.3 Moyens de prévention après la préparation coronaire	36
II.1.4 Empreinte	43
II.1.5 Temporisation	44
II.1.6 Collage	45
II.2 En cas de complications post-opératoires	51
II.2.1 Abstention thérapeutique	51
II.2.2 Réétanchéfier le joint dent/restauration	51
II.2.3 Déposer et temporiser.....	51
II.2.4 Réaliser le traitement endodontique.....	52
Discussion	53
Conclusion	54
Bibliographie.....	56

Introduction

Préserver la vitalité pulpaire est au cœur des défis concernant les restaurations directes et indirectes actuelles. Ce défi est d'autant plus présent lors de la réalisation de restaurations indirectes qui impliquent une phase de préparation coronaire, de temporisation et d'assemblage spécifique, où la pulpe est soumise à de nombreuses agressions.

La dentisterie moderne adhésive a conduit au développement important des inlay-onlay. Ils répondent à une restauration des dents postérieures, d'une cavité moyenne à grande. Là où les restaurations directes ont leurs limites et les couronnes périphériques peuvent être évitées.

L'objectif de ces restaurations est de préserver au maximum l'intégrité tissulaire et la vitalité pulpaire. Selon la Haute Autorité de Santé (HAS), l'inlay est une pièce prothétique assemblée par collage ou scellement, destinée à restaurer une perte de substance dentaire ne nécessitant pas de recouvrement cuspidien, contrairement à l'onlay. L'overlay est l'extension d'un onlay lorsque le recouvrement cuspidien est total. Les matériaux esthétiques utilisés sont la résine composite ou de la céramique :

- Céramique conventionnelle : feldspathique stratifiée
- Nouvelle céramique pressée ou usinée par procédé de Conception et Fabrication Assistées par Ordinateur (CFAO).

Le maintien de la vitalité pulpaire optimise le résultat esthétique, maintient un signal d'alarme ainsi qu'une solidité des tissus. Néanmoins, celle-ci est difficile à maintenir. Il existe un risque de complications pulpaires post-opératoires non négligeables suite aux étapes de réalisation prothétique, telles que des sensibilités dentinaires, inflammation pulpaire et une nécrose de la pulpe.

Elles peuvent apparaître à différentes étapes, à la suite de la préparation coronaire, de la phase de temporisation, ou du collage.

L'objectif est, dans un premier temps de comprendre le mécanisme de ces complications pulpaires ainsi que leur étiologie lors des différentes phases prothétiques. Dans un deuxième temps, de présenter les recommandations thérapeutiques pour la réalisation prothétique d'inlay-onlay, favorables à la cicatrisation pulpaire et évitant les facteurs iatrogènes. Pour finir, nous détaillerons les différentes procédures en cas de complications pulpaires post-opératoires.

La dépulpage préventive afin d'éviter les sensibilités post-opératoires autrefois enseignée est aujourd'hui assimilable à une mutilation dentaire.

Comment préserver la pulpe dentaire lors de la réalisation d'une restauration prothétique d'inlay-onlay sur dents vitales ?

I- Incidence de la réalisation d'inlay-onlay sur le complexe dentino-pulpaire

I.1 Structure dentino-pulpaire et mécanismes des complications post-opératoires

I.1.1 Complexe dentino-pulpaire

I.1.1.a La pulpe

La pulpe est présente au centre de la dent. Ses fonctions sont nombreuses et essentielles :

- Sécrétion de la dentine par les odontoblastes de la région périphérique.
- Maintien du tissu conjonctif lâche par les fibroblastes de la région centrale.
- Fonction neurosensorielle consistant à la transmission d'informations douloureuses.
- Rôle de défense grâce aux macrophages, lymphocytes T et cellules dendritiques présentatrices d'antigènes (1).

Vascularisation et innervation

La pulpe est un tissu richement innervé et vascularisé.

- Vascularisation sanguine

Les vaisseaux sanguins sous forme d'artérioles pénètrent dans la pulpe par le foramen apical. Ils progressent le long de la racine, au centre du canal et se ramifient pour former des capillaires à la périphérie de la chambre pulpaire. La présence d'anastomoses artérioveineuses permet la régulation de la pression intra-pulpaire et du débit sanguin. Le retour veineux se fait par le foramen apical.

- Vascularisation lymphatique

Les vaisseaux naissent à la périphérie pulpaire, sortent par le foramen apical pour rejoindre les ganglions sous-mentonniers, sous mandibulaires puis les ganglions cervicaux. Il y a alors transfert des cellules immunitaires aux ganglions lymphatiques.

- Innervation

Le réseau nerveux est constitué essentiellement des fibres sensibles issus du nerf trijumeau. Ce réseau nerveux est à l'origine des sensibilités pulpo-dentaires lors de stimuli mécaniques, thermiques, chimiques ou électriques (2).

Potentiel de réparation

Face aux agressions externes, la pulpe tente de préserver la vitalité en sécrétant un tissu cicatriciel nommé la dentine tertiaire.

- La dentine **réactionnelle** est sécrétée lors d'agressions légères par les odontoblastes qui se sont différenciés au cours du développement du germe dentaire. Celle-ci obture, protège la pulpe et diminue la perméabilité dentinaire existante.

- Lorsque l'agression est importante, il y a nécrose des odontoblastes. La dentine **réparatrice** est alors sécrétée par de nouveaux odontoblastes venant de cellules souches et/ou des péricytes de la région sous-odontoblastique. Cette dentine réparatrice est irrégulière et moins minéralisée que la dentine physiologique (2).

La cicatrisation pulpaire sera favorisée par une vascularisation adéquate du tissu, une pression interstitielle modérée ainsi qu'une densité suffisante de cellules capables de proliférer, de migrer et de se différencier en odontoblastes (3).

1.1.1.b La dentine

La dentine est un tissu conjonctif minéralisé à 70%, elle est également composée de 20% de matière organique et 10% d'eau. La dentine « circumpulpaire » assure la protection de la pulpe.

Dentine primaire, secondaire, tertiaire

La dentine primaire est la première formée lors de l'élaboration dentaire. Elle est non tubulaire sur la partie la plus externe, il s'agit de la *mantle dentine* ou « *dentine manteau* ».

La dentine secondaire est sécrétée une fois que la dent a fait son éruption. La sécrétion perdure tout au long de la vie mais va en ralentissant. Elle est donc en quantité plus importante chez un sujet âgé et explique la réduction du volume pulpaire au cours du temps.

La zone de passage de la dentine primaire à secondaire est non matérialisable.

La dentine tertiaire est sécrétée en cas d'agression pulpaire afin de protéger la pulpe. Elle comprend la dentine réactionnelle et la dentine réparatrice (4).

Perméabilité dentinaire

La dentine est un tissu perméable, des structures tubulaires la traversent de part en part et convergent de manière centripète des zones périphériques vers les zones proches pulpaires (5).

Les tubuli comportent du fluide dentinaire et les prolongements cytoplasmiques des odontoblastes. Les prolongements odontoblastiques occupent une partie ou la totalité de la longueur du tubulus, tandis que le fluide dentinaire occupe la totalité de la longueur de celui-ci. La dentine est donc un siège de communication entre l'extérieur et l'intérieur de la dent (4).

Distance from pulp (mm)	Number of tubules (1000/mm ²)		Tubule diameter (µm)	
	mean	range	mean	range
pulpal wall	45	30-52	2.5	2.0-3.2
0.1-0.5	43	22-59	1.9	1.0-2.3
0.6-1.0	38	16-47	1.6	1.0-1.6
1.1-1.5	35	21-47	1.2	0.9-1.5
1.6-2.0	30	12-47	1.1	0.8-1.6
2.1-2.5	23	11-36	0.9	0.6-1.3
2.6-3.0	20	7-40	0.8	0.5-1.4
3.1-3.5	19	10-25	0.8	0.5-1.2

Tableau 1 : Nombre et diamètre des tubuli dentinaires en fonction de la distance de la pulpe (d'après Garberoglio et Brännström) (6)

Les tubuli sont plus nombreux et plus larges en s'approchant de la pulpe. La surface occupée par les canalicules est de 1% en périphérie et de 40% au niveau pulpaire. La perméabilité dentinaire augmente donc de façon importante avec la proximité pulpaire. La pulpe est considérée comme exposée lorsque la dentine résiduelle est inférieure à 0,5 mm. La perméabilité dentinaire décroît avec l'âge. La sécrétion de la dentine peritubulaire diminue le diamètre des tubuli. Il existe donc une différence de perméabilité dentinaire entre les individus jeunes et âgés. (5)

Mécanismes de transport

Dès lors de l'ouverture des tubuli, il existe un transport de grandes quantités de fluide et de substances qui s'effectue au sein de ces tubuli via deux phénomènes principaux.

- Le phénomène de **filtration** est retrouvé physiologiquement. Il est dû à la différence de pression entre la pression hydrostatique intra-pulpaire et la pression de la dentine périphérique. La pression intra-pulpaire étant supérieure, il existe un flux sortant continu au sein du tubuli dentinaire. Cette différence

de pression est un moyen de protection du parenchyme pulpaire et induit une structure humide à la dentine. Lorsque le tubulus est ouvert, ce gradient de pression peut entraîner l'extrusion du contenu tubulaire.

Ce phénomène augmente avec le diamètre du tubulus et diminue avec sa longueur.

- Le phénomène de **diffusion** est expliqué par le rôle de milieu de diffusion joué par la dentine entre la pulpe et le milieu buccal. Un produit de concentration plus importante d'un côté du tubulus va diffuser vers le milieu moins concentré jusqu'à atteindre l'équilibre des concentrations. Lorsqu'un produit est au contact de la dentine, il va alors diffuser vers la pulpe. C'est le mécanisme de transport utilisé par les toxines bactériennes, les produits de coiffage... L'augmentation du diamètre des tubuli en proximité pulpaire augmente ce phénomène de diffusion, et l'augmentation de la longueur le diminue (4).

D'autres mécanismes sont à l'origine de mouvements au sein de la dentine.

- La **force capillaire** assimile le tubulus à un tube capillaire rectiligne de 1 μm . Elle peut déplacer les fluides à une vitesse de 4mm/s. Ces valeurs ne tiennent pas compte de la forme réelle des tubuli et de leurs obstructions.

- Enfin, **l'osmose** est un phénomène où l'application d'une solution concentrée attire le fluide dentinaire vers l'extérieur via la dentine considérée comme un substrat semi-perméable. Ce phénomène explique les sensibilités suite au contact d'une solution fortement sucrée par exemple.

Il existe donc de nombreux mécanismes de transport physiologiques ou aboutissants de procédés pathologiques. Ils expliquent les transmissions d'agressions à l'organe pulpaire et les sensibilités post-opératoires en retentissant. Lorsque la dentine est scellée, les déplacements de fluides sont limités (5).

1.1.2 Sensibilités post-opératoires

Il existe une relation entre l'âge et l'apparition des sensibilités post-opératoires. La perméabilité dentinaire diminuant avec l'âge, il est un facteur de risque inversement proportionnel à l'apparition des sensibilités post-opératoires (7)(8).

1.1.2 a Hypersensibilité dentinaire

Une hypersensibilité dentinaire est provoquée par l'exposition de plages dentinaires très perméables à des stimuli physiques, thermiques, osmotiques ou chimiques. Celle-ci est caractérisée par des douleurs brèves et intenses (9).

L'hypersensibilité dentinaire s'explique par la **théorie hydrodynamique**. Cette théorie, proposée la première fois par Gysi en 1900, a été prouvée en 1968 par Brännström. Brännström a étudié *in vitro* le fluide dentinaire et pulpaire en réponse à certaines procédures cliniques. Lors de la présence d'un stimulus mécanique, thermique ou d'un agent déshydratant, apparaît un déplacement rapide vers l'extérieur du contenu tubulaire. Ce déplacement est à l'origine de répercussions vasculaires et nerveuses pulpaires (10)(4).

Les fibres nerveuses pénètrent dans certains tubules mais ne dépassent pas 15% de la longueur de ceux-ci (11). Ce sont les mouvements des fluides dentinaires qui provoquent une déformation nerveuse. Un flux centrifuge de 2 μm est capable d'activer les fibres nerveuses (12). Les fibres myélinisées de type A, activées par les déplacements hydrodynamiques de fluides dentinaires sont à l'origine des sensibilités dentinaires douloureuses (13). Une étude d'Allard et coll. attribue un rôle important aux odontoblastes. Les odontoblastes sont capables de générer des potentiels d'action. Ils pourraient participer au processus de transduction sensorielle par des interactions avec les fibres nerveuses. La nature de ces interactions est encore à élucider (14).

1.1.2.b Pulpite résiduelle

Une pulpite résiduelle s'observe à la suite de soins. L'acte thérapeutique du clinicien apparaît comme une agression supplémentaire au tissu pulpaire, si peu invasif soit-il. Il est à l'origine d'une inflammation pulpaire localisée et transitoire. La pulpite résiduelle entre dans la catégorie des pulpites réversibles. Une absence de retour à la normale à la suite de quelques jours voire quelques semaines peut engager la pulpe dans un processus de pulpite irréversible (9).

L'inflammation pulpaire peut être provoquée par de nombreux éléments pendant les différentes phases prothétiques. Il existe une corrélation entre la sévérité de l'état inflammatoire et la profondeur de la préparation coronaire (15). Cet état inflammatoire va amplifier la réponse nerveuse aux mouvements hydrodynamiques (16).

Le phénomène inflammatoire conduit à une augmentation du fluide pulpaire et du volume sanguin. La pulpe étant enfermée entre des parois rigides, il y a alors une augmentation de la pression tissulaire. Cette réponse permet l'écoulement du fluide vers l'extérieur à travers les tubuli dentinaires exposés et protège ainsi la pulpe contre l'entrée de substances nocives. Néanmoins l'augmentation de la pression tissulaire dans un volume inextensible entraîne au niveau vasculaire une compression des vaisseaux. Celle-ci a pour effet une stase sanguine (arrêt de la circulation) pouvant induire une ischémie (17).

L'activation des fibres nerveuses C est à l'origine de la réaction inflammatoire. Elles libèrent des neuropeptides vasodilatateurs et des substances algésiques. Les fibres C ont un seuil d'excitabilité plus haut que les fibres A (13).

Les pulpites engendrées par les restaurations indirectes d'inlay-onlay entraînent un vieillissement prématuré de la pulpe limitant ses capacités de défense à long terme par la présence de fibrose et de calcifications intra-pulpaire (3).

1.1.2.c Nécrose pulpaire

Lorsque la pulpe est enflammée, la compression tissulaire au sein d'un volume inextensible est à l'origine d'une stase sanguine. Ce phénomène peut conduire à une ischémie et progressivement à une nécrose du tissu pulpaire (17).

1.2 Étiologie des complications post-opératoires

1.2.1 Présence d'une inflammation pulpaire non décelée

La dent peut présenter un état inflammatoire non symptomatique. Il peut être causé par des caries secondaires, d'anciennes restaurations perméables ou des restaurations temporaires inadaptées. Cet état s'explique par l'abolition de l'excitabilité des fibres nerveuses via les acides organiques au sein des lésions carieuses, mais également par le drainage du fluide dentinaire lors d'une restauration perméable.

Lors de l'assemblage définitif, l'arrêt du drainage du fluide dentinaire entraîne une augmentation de la pression pulpaire. Les douleurs caractéristiques de pulpite apparaissent via la stimulation par les fibres C. Ainsi, l'inflammation devient symptomatique (18).

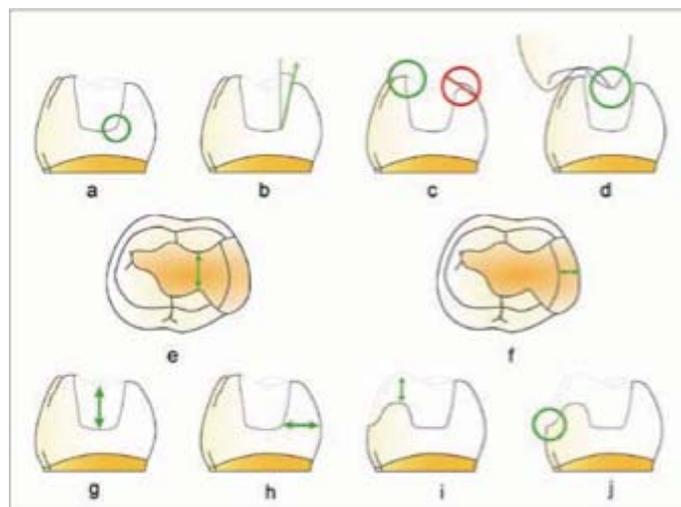
1.2.2 L'anesthésie

L'anesthésie locale peut comporter des vasoconstricteurs. Ils augmentent la durée de l'effet anesthésiant et le potentialisent. Néanmoins, cela diminue la vascularisation pulpaire, ce qui peut aboutir à une ischémie capillaire (1) et à une baisse de la pression intra-pulpaire. Le phénomène de filtration permettant le lavage à contre-courant n'existe quasiment plus et le phénomène de diffusion est augmenté. Face à la diminution de la vascularisation, la capacité à dissiper la chaleur générée par les procédures de restauration est amoindrie (19).

1.2.3 Préparation mécanique

1.2.3.a Critères de préparation d'Inlay-Onlay

Le développement de la dentisterie adhésive diminue la nécessité d'une rétention mécanique et limite la réduction tissulaire. La réalisation d'inlay-onlay en composite et céramique nécessite cependant un aménagement de la cavité. La mise en forme est individualisée selon la situation clinique.



- a) Les angles entre le plancher et les parois axiales doivent être arrondis.
- b) La divergence des parois internes ne doit pas être trop limitée ($\geq 10^\circ$).
- c) Les limites cavo-supercielles doivent être nettes, sans biseau.
- d) Les impacts occlusaux ne doivent pas se situer à l'interface dent-restauration.
- e) La largeur de l'isthme principal doit être ≥ 2 mm.
- f) La boîte proximale doit avoir une largeur mésio-distale d'au moins 1 mm.
- g) L'épaisseur des restaurations doit être de l'ordre de 2 mm au niveau du sillon occlusal.
- h) La largeur des parois résiduelles doit être d'au moins 2 mm au niveau cervical et 1 mm au niveau occlusal.
- i) L'épaisseur des matériaux de restauration (composite ou céramique) doit être d'au moins 1,5 à 2 mm au niveau des cuspidés recouvertes.
- j) Une limite en congé est préconisée au niveau des cuspidés recouvertes.

Figure 1 : Principaux critères de préparation pour Inlays-Onlays cosmétiques (20).

La phase de préparation dentaire inclut le séchage et le nettoyage des surfaces dentaires. C'est une étape susceptible d'entraîner de nombreuses agressions pulpaires (21).

1.2.3.b Agressions mécaniques et thermiques

Ouverture des tubuli dentinaires

Le fraisage au niveau dentinaire entraîne une section des tubuli. Ces derniers sont ouverts sur l'extérieur, ce qui induit une communication entre le tissu pulpaire et le milieu buccal. Une plaie dentino-pulpaire va alors se former (3). Dès l'ouverture des tubuli se produit une extrusion du contenu tubulaire. Le fluide dentinaire est expulsé, les corps cellulaires odontoblastiques se déplacent et les prolongements odontoblastiques sont sectionnés (15). Les odontoblastes peuvent se nécroser en libérant des médiateurs. Ceux-ci provoquent une inflammation localisée de la pulpe périphérique (3).

Lors de la section des tubuli dentinaires se produit également un phénomène de diffusion. Une progression des bactéries et de leurs toxines en direction pulpaire est alors possible (4). L'ouverture des tubuli entraîne donc une agression pulpaire plus ou moins importante selon l'âge du patient. Les individus âgés présentent une perméabilité dentinaire moins importante (5).

Profondeur de préparation

Plus la profondeur de la préparation augmente, plus le nombre de tubuli et leur diamètre sont importants (Cf Figure 1) (6).

Lorsque la profondeur de préparation est superficielle (0,4 mm) avec spray d'eau, il n'y a pas de grande modification observable de l'histologie pulpaire.

Lorsque la profondeur de préparation est plus profonde (1,5mm) avec spray d'eau, une modification structurelle est relevée avec le déplacement des noyaux odontoblastiques et du contenu tubulaire. Des réactions vasculaires témoignent d'une réaction inflammatoire malgré l'absence de bactéries. Le risque de lésions pulpaires est d'autant plus important que la dentine résiduelle restante est fine (15).

Instrumentation

L'agression due à l'instrumentation comportent plusieurs paramètres :

- La vitesse de rotation
- L'élévation de température créée
- La pression exercée
- Les vibrations

Les premiers dommages de la pulpe sont initiés par l'ouverture des tubuli. Cette blessure est aggravée par l'augmentation de la pression, de la température et des vibrations lors de la préparation coronaire (22).

Vitesse de rotation

Une étude montre que les vitesses de rotation entre 5000 et 25000 tours/minute entraînent plus de réactions pulpaires, par rapport à des vitesses plus rapides entre 50000 et 150000 tours/minute. La tranche de vitesse basse correspond à la zone de vibration maximale des instruments rotatifs en amplitude et en fréquence. Elle correspond également à une fourchette où la pression exercée sera plus importante pour avoir une efficacité de coupe. Une préparation coronaire entre 5000 et 8000 tours/minute entraîne une rupture de la couche odontoblastique, la destruction de certains odontoblastes ainsi que la présence d'œdèmes entre les odontoblastes restants et la prédentine. Une préparation entre 100000 et 150000 tours/minute entraîne une altération négligeable (22).

Vibration

Les vibrations émises altèrent la couche odontoblastique (5) et sont à l'origine de désordres circulatoires. Un shunt capillaire a lieu au niveau de la microcirculation pulpaire, entre les pressions veineuses et artérielles (23). L'amplitude et la fréquence des vibrations dépendent de la vitesse de rotation, de la longueur, du diamètre, du degré et de la répartition d'usure des fraises (24).

Pression

La qualité de l'instrumentation intervient dans la pression exercée et dans le risque d'échauffement. Une instrumentation usée, encrassée entraîne une efficacité de coupe moindre. Ainsi la pression exercée sera plus importante (1).

Augmentation de la température

La friction de l'instrument sur la paroi dentinaire, entraîne un dégagement de chaleur. Sans refroidissement via spray d'eau, on observe un échauffement des tissus ainsi qu'une évaporation de fluide en surface. Les tubuli vidés « appellent » du fluide provenant du compartiment pulpaire. Celui-ci va venir en surface puis être évaporé (5). L'élévation thermique est très néfaste pour la santé pulpaire. Au cours d'une préparation sans spray d'eau, on note la présence d'infiltrats inflammatoires dans de larges zones. Une agression thermique brutale entraîne l'apparition d'un processus inflammatoire (15).

L'étude de Zach et Cohen met en évidence le lien entre l'élévation de la température et les réactions pulpaires. Une élévation de 11,1°C entraîne une nécrose dans 60% des cas et une augmentation de 16,6°C dans 100% des cas. La valeur de 5,5°C est une référence à ne pas dépasser lors de la préparation afin de ne pas entraîner de séquelles irréversibles sur la pulpe. En effet, 15% des complexes pulpaires ne se remettent pas d'une augmentation de 5,5°C. La gravité des lésions serait donc proportionnelle à l'augmentation de la température (25).

Séchage de la préparation

Le séchage de la préparation par jet d'air est à l'origine d'une évaporation d'une quantité importante de fluide dentinaire à la surface. Le volume de la chambre pulpaire peut être éliminé plusieurs fois, suite à un jet d'air d'une minute. Ceci entraîne d'importantes régulations vasculaires par la pulpe afin de compenser de grands volumes de pertes liquidiennes (5).

1.2.3.c Agression bactérienne

Selon Brännstrom, les bactéries présentes dans la boue dentinaire ou au sein des tubuli dentinaires, sont la principale cause de lésions pulpaires au cours de la réalisation de prothèses indirectes sur dents vitales (18).

Boue dentinaire

Le fraisage des tissus dentinaires cause la formation de boue dentinaire, par un processus physique. Il s'agit d'une pellicule de débris broyés persistants sur la dentine. Elle varie de 0,5 à 1,5 microns (16). La boue dentinaire est constituée de germes capables de survivre aux différentes étapes de la restauration prothétique. La présence de matières organiques présentes dans le fluide tubulaire

sortant, la dentine et l'émail permet aux bactéries de se multiplier (18). Via leurs dérivés acides, elles dissolvent la boue dentinaire et diffusent vers la pulpe par mouvement centripète (16).

1.2.3.d Agression chimique

Nettoyage de la préparation

La désinfection de la dentine par des solutions désinfectantes peut être irritante lorsqu'elle atteint la pulpe via les tubuli dentinaires. La propagation de la solution dépend principalement de l'épaisseur de la dentine résiduelle. Une épaisseur de 1mm de dentine résiduelle diminue de 90% le niveau de toxicité tandis que 0,5mm diminue de 75%. La vitesse de propagation dépend de l'ouverture des tubuli dentinaires, des dimensions des molécules et de leurs liaisons avec certains composants dentinaires (26).

1.2.4 Empreintes

1.2.4.a Agents hémostatiques

Pendant l'empreinte, les agents hémostatiques peuvent être utilisés afin de contrôler les saignements. Des études montrent que leur contact sur la surface émail/dentine entraîne des micro-fuites de l'adhésif et une ouverture des tubuli. Ce phénomène favorise la contamination bactérienne et les sensibilités post-opératoires (27).

1.2.4.b Technique d'empreinte

La technique d'empreinte en deux temps (*Wash technic*) entraîne une forte pression lors du repositionnement et de la désinsertion. Elle est susceptible d'induire le déplacement des noyaux odontoblastiques.

L'enregistrement des surfaces dentaires préparées requiert une surface sèche. Un assèchement excessif est agressif pour la pulpe (28).

1.2.5 Matériaux provisoires

La réalisation d'une restauration temporaire sur dent vitale est indispensable pour le confort du patient et la prévention d'agressions externes. Les matériaux provisoires peuvent être agressifs pour la pulpe s'ils ne répondent pas à certains objectifs biologiques :

- Contraction de prise à minima
- Faible conductivité thermique
- Exo-thermie modérée
- Étanchéité
- Relargage de monomères minimum

Les monomères sont libérés pendant la conversion monomère-polymère. Lorsqu'ils sont libres, ils interfèrent l'expression de protéines nécessaires à la cicatrisation pulpaire. Ils ont été identifiés comme facteurs clés conduisant à l'apoptose de cellules pulpaires (29)(30)(31).

1.2.5.a Résine en techniques directes

Résines composites chémo-polymérisables *Protemp 4®*, *Telio®*

Les résines composites chémo-polymérisables sont les résines bis-acrylique / bis-acryl. Elles sont composées de méthacrylate polyfonctionnel, de charges minérales, de catalyseurs et de pigments. Leur polymérisation entraîne une exo-thermie modérée (29).

Résines méthacrylates chémo-polymérisables

Les résines de type : Poly-méthacrylate ou *PMMA* (*Unifast trad®*, *TAB 2000®*) et Poly-méthacrylate d'éthyle ou *PEMA* (*Trimil®*, *Snap®*) sont agressives pour la pulpe. Leur polymérisation entraîne une exo-thermie, une contraction de prise ainsi qu'une libération de monomères libres. Leur utilisation est déconseillée pour les dents vitales et nécessite l'application de glycérine au préalable (29).

L'augmentation de la température pulpaire au contact des résines *PMMA* est la plus importante. Elle se situe à 40,04°C. Les autres résines *PEMA* et bis-acrylique entraînent une élévation significativement moins importante (32).

1.2.5.b Assemblage temporaire

Ciment prêt à l'emploi à base de sulfate de calcium *Cavit®*

Les ciments prêts à l'emploi sont à base de sulfate de calcium, d'oxyde de zinc et de composés organiques. Ce sont des matériaux hygroscopiques, leur prise se fait par absorption d'eau. Cette spécificité provoque l'absorption du liquide au sein des tubuli dentinaires. Cela entraîne une déshydratation dentinaire et des répercussions pulpaires. Cette absorption se fait également par la salive. Ceci amène des bactéries, source infectieuse pour la pulpe. De plus, des porosités présentes dans le ciment constituent une porte d'entrée pour les micro-organismes. Ce matériau est considéré comme étanche à partir d'une épaisseur de 3,5 mm minimum (33).

Résines composites temporaires souples *Telio Inlays/Onlays®*, *Tempofill 2®*

Les résines souples permettent un bon scellement temporaire mais nécessite une restauration rétentive mécaniquement. Auquel cas, la résine peut être polymérisée puis scellée temporairement. Ces matériaux ne sont plus étanches au-delà d'une semaine.

Matériaux à base d'oxyde de zinc eugénole *IRM®*

Les matériaux à base d'oxyde de zinc eugénole présentent de nombreux avantages, grâce à leur action bactéricide, anti-inflammatoire et anesthésique, une bonne étanchéité et une facilité de retrait (34). Cependant, de l'eugénole peut être libéré lors de son application et pénétrer la dentine. L'eugénole est un piègeur de radicaux libres qui inhibe la polymérisation des matériaux à base de résine présent dans les agents de collage. 24 heures après l'application du ZOE, il existe une diminution de force de liaison, celle-ci étant plus importante avec les adhésifs auto-mordant. Son utilisation reste possible si un délai de 7 jours est respecté entre son application et le collage. Il n'existe pas de contre-indication formelle de leur utilisation en matériau provisoire étant donné la diminution de la diffusion d'eugénole au cours du temps (35)(36).

1.2.6 Collage

1.2.6.a Classification des colles

Il existe 4 familles de colles :

- Colles résineuses à potentiel adhésif
- Colles sans potentiel adhésif (M&R)
- Colles sans potentiel adhésif (SAM)
- Colles auto-mordançantes auto-adhésives

Colles résineuses à potentiel adhésif *Panavia 21*[®], *Superbond*[®]

Ces colles sont utilisées depuis longtemps en odontologie. Elles contiennent des groupements chimiques réactifs capables d'adhérer aux tissus durs dentaires spontanément. Malgré leur propriété adhésive, un conditionnement préalable des surfaces dentaires augmente leur adhésion. Peu d'études évaluent la sensibilité post-opératoire de ces colles, elles concluent des sensibilités similaires au CVI (16).

Colles auto-mordançantes autoadhésives *Relyx*[®]

Ces colles possèdent des groupements d'acide phosphorique assurant une adhésion spontanée aux tissus dentaires. Un conditionnement préalable n'est pas nécessaire. Ainsi la facilité opératoire de ces colles et l'absence de conditionnement entraîne une faible incidence de sensibilités post-opératoires. (16)

Colles sans potentiel adhésif couplées à un système adhésif à mordantage total (M&R) *Variolink II*[®]

Le conditionnement préalable des surfaces dentaires est nécessaire. Le mordantage total est réalisé sur la dentine (15 secondes) et l'émail (30 secondes) à l'acide phosphorique.

Puis l'adhésif appliqué forme la couche hybride couplé avec un composite de collage.

Ceci est la procédure de choix pour le collage de restauration indirecte en termes d'adhésion aux tissus durs et d'intégrité marginale. (37)

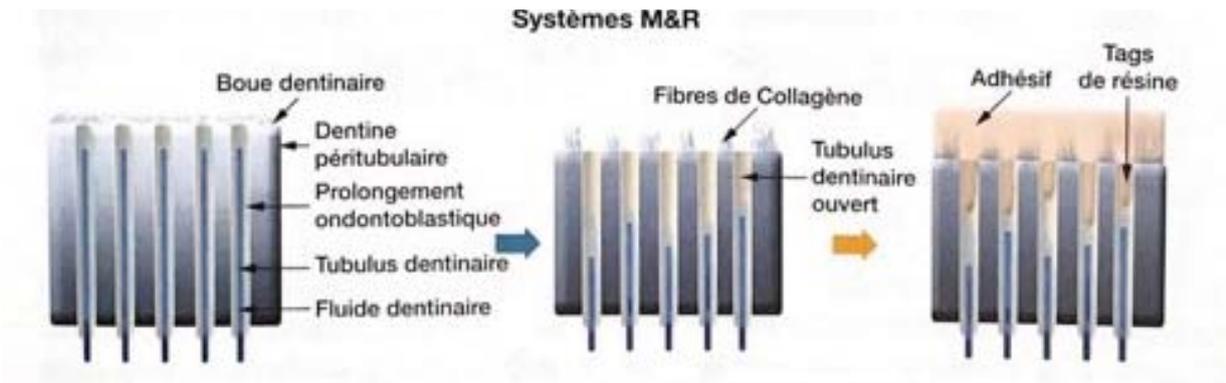


Figure 2 : Schéma du système adhésif M&R (16)

Ce système présente un excellent recul clinique. Il nécessite néanmoins une très grande rigueur opératoire. Des erreurs dans le protocole d'hybridation dentinaire peuvent compromettre l'adhésion. L'application de mordantage dentine/émail peut entraîner des sensibilités post-opératoires plus fréquentes que le mordantage sélectif de l'émail.

Suite au mordantage, les fibres de collagènes sont mises à nu. Lors d'un séchage trop agressif, il se produit un collapsus des fibres de collagènes diminuant les valeurs d'adhésion. De plus un séchage insuffisant risque de compromettre les valeurs d'adhésion (37).

Colles sans potentiel adhésif couplées à un système adhésif auto-mordant (SAM) Multilink Automix®, Panavia F 2.0®

Des performances adhésives similaires peuvent être obtenues avec ce système, lorsque la surface coronaire exposée est essentiellement dentinaire et présente des propriétés rétentes intrinsèques. Les tubuli n'étant jamais à nu avec ce système, les risques de sensibilités post-opératoires sont moindres (37).

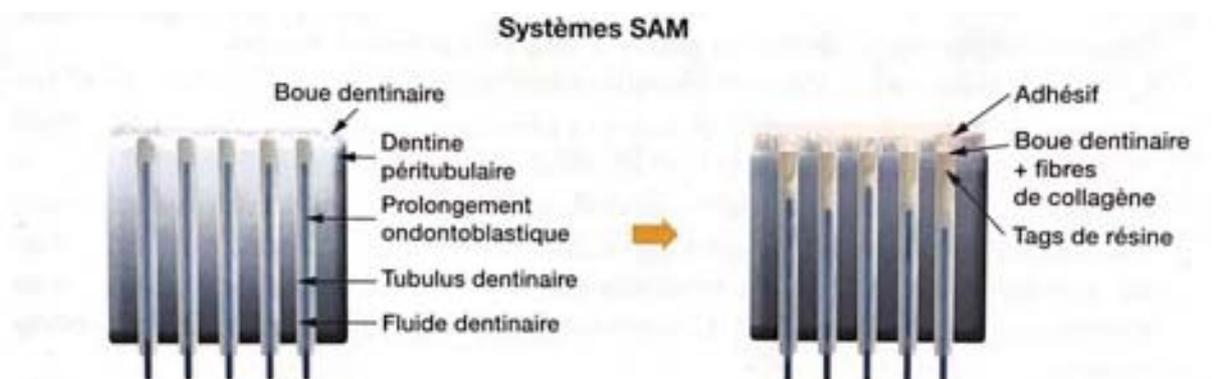


Figure 3 : Schéma du système adhésif SAM (16)

1.2.6.b Étiologies des sensibilités post-opératoires au cours du collage

Mordançage

Le mordançage par l'acide phosphorique ouvre les tubuli dentinaires, élimine la boue dentinaire et met à nu des fibres de collagène de la dentine péri-tubulaire dissoute. Lorsque l'acide phosphorique est appliqué sur la dentine plus de 15 secondes, le diamètre des tubuli et la profondeur de déminéralisation augmentent. Le fluide dentinaire est filtré vers l'extérieur, ce qui repousse l'adhésif. Ceci crée des conditions humides non compatibles avec l'hybridation dentinaire (38).

Nanoleakage et microleakage

Si l'adhésif ne pénètre pas bien la couche la plus profonde, on assiste alors au phénomène de « nanoleakage » et « microleakage ». Cela correspond à l'apparition de lacunes dans lesquelles l'infiltration des fibres de collagène par la résine adhésive est insuffisante.

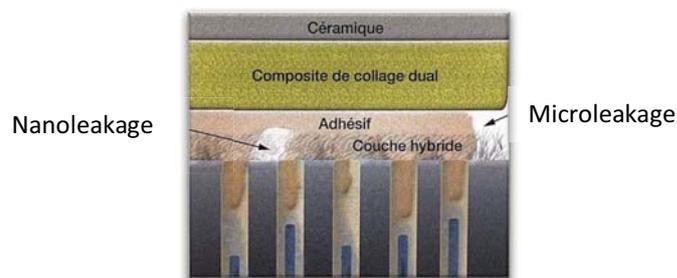


Figure 4 : Coupe schématique du phénomène de nanoleakage et microleakage (16)

La présence de ces espaces vides et les propriétés viscoélastiques de l'adhésif donnent un caractère déformable à la couche hybride.

Une zone aux propriétés élastiques apparaît en profondeur de celle-ci. A chaque micromouvement, le fluide dentinaire se déplace au sein de la couche hybride et dans les tubuli en direction pulpaire et provoque une surpression. La sollicitation de la restauration collée engendre alors des sensibilités lors de la mastication (39)(4).

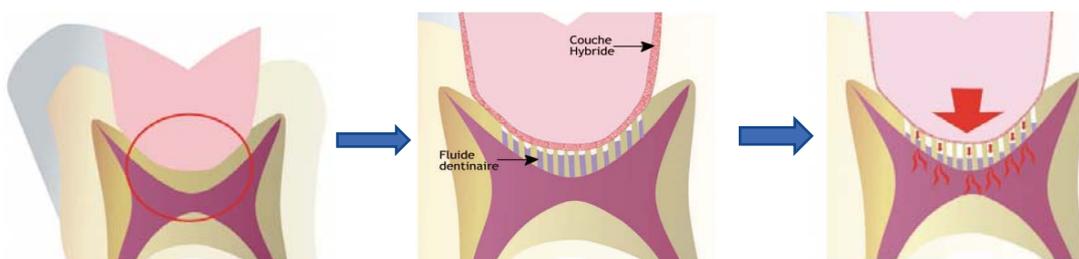


Figure 5 : Schéma de l'élasticité de la couche hybride responsable de mouvements hydrodynamiques sous une restauration collée (4).

Contraction lors de la polymérisation

Lors de la polymérisation des composites de collage, il peut se produire une contraction de polymérisation. Celle-ci est favorisée lorsque le rapport surfaces collées/surfaces libres (facteur C) est défavorable. Nous assistons à l'apparition de lacunes « microleakage » à l'interface dent/restauration. Elles sont à l'origine de micro-infiltrations, favorables à l'intrusion des bactéries. De plus, des sorties de fluide dentinaire peuvent avoir lieu (40)(41).

Présence de colle dans les tubuli dentinaires et l'espace pulpaire

La plupart des matériaux de collage sont toxiques chimiquement pour les cellules pulpaires. Une étude met en évidence le déplacement des éléments de collage dans des tubuli dentinaires en direction de l'espace pulpaire. Ce phénomène de diffusion apparaît notamment suite à un traitement acide de la dentine et avec à l'utilisation de matériaux de faible viscosité. Il est à l'origine d'une perturbation mécanique des odontoblastes et d'une toxicité chimique pour la pulpe (42).

Acidité initiale

Les colles autoadhésives auto-mordançantes sont composées de méthacrylates phosphorylés générant l'auto-adhésion et de groupement d'acide phosphorique créant des liaisons acides (43). Le pH initial de ces colles est bas (entre 2 et 2,8) et n'atteint la neutralité qu'après 1 heure au mieux. Le pH de 2 est le seuil à partir duquel les sensibilités peuvent apparaître (44). L'hypersensibilité est attribuée à des problèmes d'infiltration, telle qu'un défaut d'adhésion aux tissus durs, plutôt qu'à l'acidité des colles (16).

Photopolymérisation

Le choix des lampes à photopolymériser se fait entre les lampes xénon-plasma, les lampes halogènes et les lampes à LED. Le mauvais choix et/ou la mauvaise utilisation d'une lampe à photopolymériser peut être à l'origine d'une accumulation de chaleur, d'un phénomène de contraction de la colle. Les lampes halogènes et xénon-plasmas relarguent plus de chaleur que les lampes à LED (45).

II- Prévention des complications post-opératoires lors de la réalisation d'inlay-onlay sur dents vitales

II.1 Étapes de la restauration prothétique

II.1.1 Diagnostic pulpaire pré-prothétique

L'estimation de l'état pulpaire et son potentiel réparateur est un préalable indispensable avant d'initier une restauration indirecte sur dent pulpée.

L'interrogatoire, l'examen radiologique et l'examen clinique accompagné des tests pulpaires permettent d'évaluer l'état du complexe dentino-pulpaire et ses capacités de défense (16)(46).

II.1.1.a Les critères décisionnels cliniques

De nombreux critères sont à prendre en considération. Le pouvoir de cicatrisation pulpaire est propre à chaque dent et limité. Ce pouvoir diminue avec l'âge et l'accumulation d'agressions pulpaires. Une agression entraîne un vieillissement prématuré de la pulpe (fibroses et calcifications intra-pulpaires).

Si les agressions engendrées par la préparation d'un inlay-onlay dépassent le potentiel de cicatrisation, il peut survenir une inflammation aiguë, chronique voire une nécrose (46).

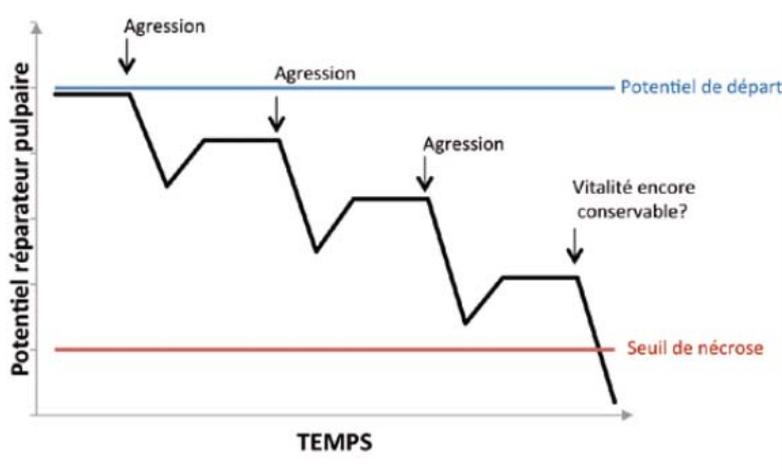


Figure 6 : Le potentiel réparateur de la pulpe diminue à chaque agression, l'âge avançant (adapté d'après Bence) (47).

L'âge du patient

L'âge du patient est l'un des critères le plus important.

Lorsque le patient est jeune, le pouvoir de cicatrisation pulpaire est important. Ainsi, tout doit être mis en œuvre pour préserver la vitalité pulpaire. Un sujet jeune possède une perméabilité dentinaire importante ainsi qu'un grand volume pulpaire. L'épaisseur de dentine étant amoindrie, les préparations doivent être *a minima*. Les agressions sont facilement transmises par de grands vecteurs de transmission.

Au contraire, la pulpe d'un sujet âgé est protégée par une apposition de dentine secondaire. La perméabilité dentinaire est diminuée par une accumulation de dépôts minéraux au sein des tubuli. Cependant, la pulpe a accumulé au cours des années de nombreuses agressions la rendant moins apte à cicatriser de nouveau (26)(47).

L'historique dentaire de la dent

Lorsque la dent a subi antérieurement des traumatismes, des lésions carieuses, des restaurations anciennes, une maladie parodontale ou une abrasion, l'adaptabilité de la pulpe peut être épuisée. Le terme « stressed pulp » signifie un mauvais pronostic dès le départ. Il reflète une capacité de défense pulpaire faible (15).

La symptomatologie décrite par le patient

La sémiologie correspond à l'étude des symptômes. Elle contribue au diagnostic (48). L'absence de symptomatologie signe généralement l'absence d'inflammation pulpaire.

Cependant, en présence de restaurations anciennes, perméables ou de caries secondaires, la dent peut présenter un état inflammatoire asymptomatique. Il se produit une abolition de l'excitabilité des fibres nerveuses par les acides organiques au sein de la lésion carieuse et une filtration du fluide dentinaire. Ceci nécessite une période de temporisation avant toute préparation pour un inlay-onlay (18).

Une symptomatologie provoquée par un stimulus et cessant à l'arrêt de celui-ci, est le résultat d'une inflammation pulpaire mineure et réversible. Une symptomatologie spontanée est associée à une inflammation pulpaire majeure et irréversible (46).

Ces données doivent être complétées par des tests pulpaires.

L'évaluation par les tests pulpaire

Il existe deux types de tests pulpaire :

- Les tests de vitalité pulpaire évaluent la vascularisation du tissu pulpaire. La vascularisation est un critère primordial de la vitalité pulpaire. Il existe la spectrophotométrie à double longueur d'onde, la Fluxmétrie Laser Doppler (LDF) et enfin l'oxymétrie pulsative. Ces tests ont un succès mitigé. La fiabilité et la précision reste à améliorer (49)(50).

- Les tests de sensibilité pulpaire, évaluent la sensibilité sensorielle de la pulpe (50). Ils mesurent la réponse des fibres nerveuses A δ . Il existe les tests thermiques et électriques. Ces tests doivent être réalisés sur des dents isolées et séchées.

Le test thermique consiste à l'application d'une variation de température soudaine, au chaud ou au froid. Le test électrique fait passer un courant, dont l'intensité augmente jusqu'à l'obtention ou non d'une réponse pulpaire (49).



Figure 7 : Tests de sensibilité pulpaire électrique et au froid, appelés à tort tests de vitalité pulpaire (46).

L'examen radiologique

L'examen radiographique complète l'examen clinique. Cet examen est indispensable pour évaluer le volume et le contenu pulpaire tel que les minéralisations, résorptions...

Cet examen permet également de déterminer l'étendue des lésions carieuses, l'épaisseur de dentine résiduelle après la préparation et l'étendue des structures péri-apicales et péri-radicales afin de détecter des lésions péri-apicales (46)(2)(9).

Le type d'évolution de la lésion carieuse

Les lésions carieuses à évolution rapide doivent être gérées avec prudence. Elles sont assimilées à une formation de dentine atubulaire ou absence de dentine tertiaire, des réactions inflammatoires pulpaires et à une augmentation de la pression du fluide dentinaire.

Au contraire, les lésions carieuses à progression lente sont en faveur d'une bonne santé pulpaire. Dans ce cas a lieu une formation de dentine tertiaire réactionnelle ressemblant à dentine tubulaire normale ainsi qu'une hyper-minéralisation celle-ci. La perméabilité dentinaire est alors diminuée (51)(52).

La surface préparée

Il y a une corrélation entre la sévérité de l'inflammation et l'épaisseur de la dentine résiduelle. Il est donc nécessaire d'évaluer la perte de substance et l'épaisseur de dentine résiduelle. L'épaisseur minimale est de 0,5mm lorsque les protocoles opératoires sont respectés. En cas de non-respect des protocoles l'épaisseur minimale est jugée à 2mm afin d'éviter les complications post-opératoires (52).

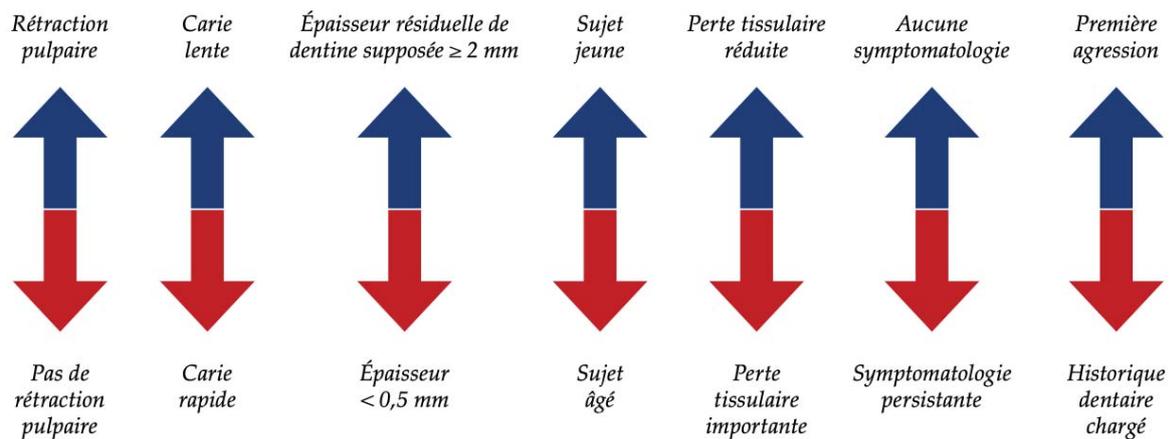


Figure 8 : Bilan des critères décisionnels, en bleu favorable au maintien de la vitalité pulpaire et en rouge favorable à des sensibilités post-opératoires (46).

II.1.2 Préparation

II.1.2.a Anesthésie préopératoire

L'utilisation de vasoconstricteurs perturbe le flux sanguin des dents vitales. Cependant, leur présence réduit le taux d'absorption systémique des molécules anesthésiques. Cela diminue leur concentration plasmatique et leur toxicité générale (53). L'ANDEM (Agence Nationale pour le Développement de

l'Évaluation Médicale) préconise l'utilisation systématique d'adrénaline afin de diminuer le risque de toxicité.

Les recommandations actuelles pour dents pulpées sont donc l'utilisation d'anesthésie en quantité limitée et contenant des vasoconstricteurs faiblement dosés (1).

II.1.2.b Préparation par fraisage

Si aucune mesure de précaution n'est prise, l'étape de préparation coronaire est source de nombreuses agressions dentino-pulpaire. Un protocole strict doit être respecté afin de limiter au maximum l'élévation de la température.

Refroidissement actif

L'utilisation d'un spray de refroidissement permet de limiter l'élévation de la température. C'est une mesure de protection pulpaire indispensable. En leur absence, l'échauffement de la dentine est multiplié par 3 (23). Pour limiter efficacement l'augmentation de la température, Langeland en 1962 a établi certains critères :

- Le spray est constitué d'un mélange d'eau et d'air comprimé.
 - L'instrument doit comporter trois buses de spray, dirigées vers le point d'impact de la fraise.
- La présence de plusieurs buses garantit le maintien du refroidissement malgré la présence d'obstacles.
- L'eau du spray doit être à la température la plus basse que la dent peut supporter.
 - On ne doit pas percevoir d'odeur de brûlé (24)(54).



Figure 9 : Les turbines et contre-angle à sprays multiples permettent un refroidissement efficace. Les modèles les plus récents possèdent jusqu'à 5 buses de spray (W&H) (16).

Le débit d'eau recommandé est de 30mL/min. D'après Cavalcanti et co, l'augmentation à 45mL/min induit une légère diminution de la température (55). En revanche, une diminution du débit à 15mL/min est insuffisant pour refroidir les tissus dentaires (56).

Technique de fraisage

Afin de limiter encore plus l'échauffement des tissus dentaires, il existe la technique du fraisage interrompu. D'après Vivier et Rozencweig, celle-ci consiste à 5 secondes de fraisage et 5 secondes d'arrêt. Cette technique ne remplace pas le refroidissement par spray (24).

Il convient également d'exercer un mouvement de « balayage » ou de « peinture » sur la surface dentaire afin de pas concentrer l'échauffement (16).

Choix de l'instrumentation

Vitesse

Il est recommandé d'utiliser de grandes vitesses. D'après Seltzer et Bender un fraisage entre 5000 et 25 000 tours/min entraîne des réactions pulpaires même avec un refroidissement (22). Les vitesses recommandées sont à partir de 200 000 tours/minutes. Un fraisage à 400 000 tr/min permet l'obtention d'une surface finale « propre » (57). Ainsi un fraisage à grande vitesse diminue également la pression exercée et les vibrations (24).

Pression

La pression exercée recommandée est autour de 100 grammes avec l'utilisation d'une fraise diamantée à grains moyens. Selon Stanley et Swerdlow, une pression supérieure à 226,8 grammes est à l'origine de réaction inflammatoire pulpaire. La pression exercée par l'opérateur dépend de plusieurs facteurs tels que le type de matériau fraisé, le sens kinésique de l'opérateur et l'efficacité de coupe de l'instrument (58).

Instrument de coupe

L'utilisation de fraises diamantées engendre un échauffement dentaire plus important que les fraises de carbure de tungstène (59). Cependant, la fraise diamantée permet la formation d'une boue dentinaire, diminuant alors la perméabilité dentinaire (60).

L'augmentation du grain et de la taille de la fraise est proportionnelle à l'élévation de la température. (61). Il est conseillé d'utiliser des fraises neuves diamantées lors d'une préparation sur dents vitales. En effet à chaque utilisation et stérilisation, se produit une perte de diamants sur la surface de la fraise.

Il est donc recommandé l'usage de fraises diamantées, de granulométrie moyenne, à usage unique, voire stérile. L'utilisation d'instruments usagés, non efficaces est source de vibration et de pression exercée importante (21).

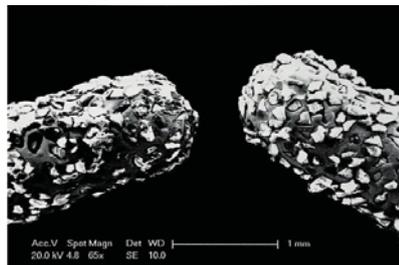


Figure 10 : Vue en microscopie à balayage de deux extrémités de fraises diamantées (x65). Au cours de leur utilisation et des cycles de stérilisation, les diamants se détachent. L'efficacité des fraises est diminuée (16).

En résumé, une préparation coronaire engendrant le moins de traumatismes pulpaire doit être réalisé :

- En exerçant une vitesse de rotation élevée à partir de 200 000 tours / minutes.
- En utilisant un refroidissement par spray d'air comprimé et d'eau à partir de 30mL/min.

L'instrumentation doit comporter de multiples buses afin que le refroidissement ne soit pas arrêté par une paroi dentaire.

- En contrôlant la concentricité des instruments rotatifs.
- En privilégiant l'utilisation de fraises diamantées, de granulométrie moyenne, à usage unique, stériles.
- En réalisant une technique de fraisage interrompu, avec un mouvement continu de balayage, et en exerçant une pression légère (100g).
- En contrôlant la profondeur de préparation (16).

II.1.2.c Alternative au fraisage : la sono-abrasion

La sono-abrasion est une technique permettant l'éviction tissulaire à minima impliquant un mouvement vibratoire. Le mouvement oscillatoire de l'insert est généré par des pièces à main pneumatiques subsoniques ou à ultrasons. Un refroidissement tissulaire est toujours effectué sous spray. Les inserts utilisés sont diamantés et de différentes formes.

Pour les restaurations d'inlay-onlay, les inserts ont une face diamantée. Cette face travaillante permet de réaliser un retrait sélectif des tissus dentaires via l'énergie cinétique générée. L'autre face est lisse, non travaillante, avantageuse pour les restaurations proximales afin de ne pas léser la dent adjacente (62).



Figure 11 : Inserts ultrasonores pour préparation (Kit Perfect Margin® de Satelec Acteon) (16).

II.1.2.d Préparation moderne

Les principes de préparation des restaurations indirectes d'inlay-onlays intègrent une divergence occlusale des parois latérales. Celle-ci doit être supérieure à 10°. L'élimination sélective des tissus cariés crée de nombreuses contre dépouilles incompatibles avec la technique de restauration indirecte. Dans un principe de conservation tissulaire, la contre-dépouille peut être comblée par un composite en restauration directe. Il n'est pas souhaitable de combler de gros volumes en contre-dépouille via le composite de collage. Le facteur C défavorable peut-être à l'origine de complications post-opératoires et de micro-fêlure (63)(64).



Figure 12 : Une contre-dépouille de petite taille est comblée via un composite direct au cours de la préparation (63).

II.1.3 Moyens de prévention après la préparation coronaire

La 1^{ère} étape à réaliser suite à la préparation coronaire est une décontamination des surfaces dentaires avec une solution de chlorhexidine à 0,12% ou d'hypochlorite de sodium à 2,5%.

La 2^{ème} étape consiste à modifier ou éliminer la boue dentinaire et obstruer les tubuli via différents agents topiques.

Suite à la préparation coronaire la dentine est recouverte de boue dentinaire. Il s'agit d'une couche intermédiaire insatisfaisante entre la dent et la restauration diminuant la force de liaison adhésive. Biologiquement la boue dentinaire obstrue la dentine et forme une barrière mais cette protection n'est que de courte durée. En effet, celle-ci est labile à la dégradation acide, elle peut être dissoute par la salive, le liquide dentinaire ou par les acides formés par le métabolisme bactérien. Il est donc nécessaire d'éliminer la boue dentinaire ou de la modifier et d'obstruer la dentine sur le long terme. Pour cela il existe différents agents topiques classés en deux catégories : les résines/adhésifs et les désensibilisants (65)(18).

II.1.3.a Désensibilisants

L'application de ces agents désensibilisants peut être effectués après la préparation coronaire, avant l'assemblage définitif de l'inlay-onlay ou lors de ces deux étapes.

Fluor

Ces solutions sont composées d'antiseptiques, d'EDTA et de fluorure de sodium. Une réaction de précipitation des fluorures de calcium a lieu suite à la déminéralisation et la libération d'ion Ca^{2+} par l'EDTA. Une application de 30 secondes permet une diminution de la perméabilité dentinaire de l'ordre de 20% (18).

Hydroxyde de calcium

D'après les études de Pashley et coll., les suspensions à base d'hydroxyde de calcium diminuent la perméabilité dentinaire sur une dentine préalablement mordancée ou non (66).

Sels de potassium

Les produits à base de potassium ne permettent pas une obturation des tubuli dentinaires mais sont à l'origine d'une réduction de l'excitabilité nerveuse. Ce phénomène est produit par une augmentation de la concentration intracellulaire en cations potassium (K^+) à l'origine d'une dépolarisation membranaire.

Oxalates

Le mode d'action de ces solutions est la formation de cristaux d'oxalate de calcium insolubles suite à une réaction des ions oxalates avec les ions calcium dans le liquide dentinaire. Ces cristaux formés entre 1 et 2 μm sont déposés aux ouvertures des tubuli.

Incidences des agents désensibilisants sur le collage

La conséquence des agents désensibilisants sur le collage dépend du type d'adhésif utilisé. Les solutions désensibilisantes interfèrent le protocole de collage surtout lors de l'utilisation de système auto-mordançant (SAM) (67). Un mordantage préalable à l'acide phosphorique avec les systèmes mordantage-rinçage (M&R) permet aux cristaux formés de ne pas interférer avec le processus de collage (68)(69).

II.1.3.c Hybridation dentinaire immédiate et recouvrement dentinaire par résine

Hybridation dentinaire immédiate

L'hybridation dentinaire immédiate (IDS : Immédiate Dentin Sealing) proposée en 1999 par Magne et Douglas (70) consiste au scellement des tubuli dentinaires immédiatement après la préparation coronaire et avant la prise de l'empreinte. Les tubuli dentinaires sont scellés par la formation d'une couche hybride via différents systèmes adhésifs (71).

Système adhésif mordantage et rinçage

L'application d'acide phosphorique déminéralise la dentine superficiellement, élimine la boue dentinaire et expose un échafaudage de collagène de 3 à 5 μm . Par la suite, l'adhésif est appliqué sur la dentine déminéralisée et diffuse dans les fibrilles de collagènes pour former une couche hybride épaisse engageant des prolongements (tags) résineux dans les tubuli (36)(72).

Le système adhésif à mordançage total, par ses nombreuses étapes, est le plus sensible et opérateur-dépendant.

En termes de prévention de sensibilités dentinaires, quelques étapes clés doivent être strictement respectées :

- La mise en place d'un champ opératoire est non négligeable afin de limiter toute contamination de la structure dentaire (73).
- L'application d'acide phosphorique sur la dentine ne doit pas excéder 15 secondes (74).
- Le séchage est le point critique de cette méthode. Lorsque la dentine est trop humide, de l'eau sera incorporée à l'adhésif créant des défauts d'interface. De plus, un séchage trop important induit un collapsus des fibres de collagène empêchant la pénétration de l'adhésif et formant un hiatus. Pour cela différentes techniques peuvent être mise en œuvre tel que le séchage progressif à l'air comprimé, l'élimination des excès avec la canule salivaire et le tamponnement (37).

Le **tamponnement** est la méthode la plus sûre pour maîtriser un séchage optimal, pour cela :

- Un séchage doux est réalisé par air comprimé
- Un applicateur tel qu'une boulette de coton ou une micro-brush est humidifié avec de l'eau et essoré sur un papier absorbant
- L'applicateur est tamponné sur la préparation.

Ce système permet d'absorber l'eau en excès et humidifie les zones trop sèches (37).

- L'application de chlorhexidine 2% est recommandée avant la mise en place de l'adhésif. Ceci permet une réhydratation, l'élimination des bactéries résiduelles, et prévient de la dégradation des fibrilles de collagène et de l'interface de collage par des enzymes métalloprotéinases (75).
- La photopolymérisation de l'adhésif en mode progressif est conseillée (76).

Système adhésif auto-mordançant

Avec les systèmes auto-mordançant, l'infiltration de la résine a lieu simultanément avec la déminéralisation. La résine dissout la phase minérale de la boue dentinaire et s'attaque à la dentine superficielle pour former la couche hybride. La boue dentinaire n'étant pas éliminée mais infiltrée, la couche hybride contient donc les protéines de la dentine et de la boue dentinaire. Ceci présente comme avantage de limiter la perméabilité dentinaire et d'éviter d'importants changements de pression intra-tubulaire à l'origine de souffrance du complexe dentino-pulpaire (77).

Les manipulations afin d'optimiser l'IDS :

- L'adhésif doit être frotté activement sur la dentine afin de permettre une bonne pénétration à travers la boue dentinaire.

- Le temps de séchage de l'adhésif est augmenté (jusqu'à 30 secondes) afin d'éliminer toute l'eau et les solvants qu'ils contiennent (37)

Protocole des systèmes adhésifs

M&R 3 4 ^{ème} génération : 3 étapes cliniques	<ul style="list-style-type: none"> • Mordançage : 15 secondes dentine ↓ Rinçage/Séchage modéré = !/ \ étape critique • Primer (hydrophile + hydrophobe) ↓ Séchage • Résine hydrophobe ↓ Polymérisation progressive
M&R 2 5 ^{ème} génération : 2 étapes cliniques	<ul style="list-style-type: none"> • Mordançage ↓ Rinçage / séchage modéré = !/ \ étape critique • Primer + Résine ↓ Polymérisation
SAM 2 6 ^{ème} génération : 2 étapes cliniques	<ul style="list-style-type: none"> • Primer auto-mordant : froter 30 secondes ↓ Pas de rinçage = élimination des phases critiques ↓ Séchage • Résine : froter 30 secondes ↓ Polymérisation
SAM 1 7 ^{ème} génération : 1 étape clinique	<ul style="list-style-type: none"> • Conditionneur + Primer + Résine adhésive = Système all in one ↓ Séchage vigoureux 30 secondes + ↓ Polymérisation

Tableau 2 : Protocole clinique des différents systèmes adhésifs (77).

La manipulation des systèmes adhésifs s'avère plus importante que la nature de l'adhésif utilisé (37).

Recouvrement dentinaire par résine

La technique de recouvrement par résine consiste à l'application d'adhésif suivie d'une résine composite de basse viscosité (78).

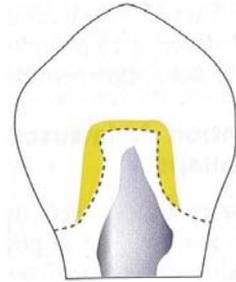


Figure 13 : Ce procédé permet de protéger l'ensemble des parois proche pulpaire, tout en assurant la mise en dépouille (16).

L'application de composite de basse viscosité protège la couche hybride sous-jacente et préserve le joint dentinaire. La protection dentinaire est épaissie, diminuant ainsi les risques de sensibilités. Les contre-dépouilles sont comblées et la géométrie de la préparation est corrigée (79).

La capacité de liaison dentinaire se voit augmentée (78), le volume de la cavité diminué ainsi que l'épaisseur de l'inlay-onlay ce qui facilite la polymérisation de la colle (80).

Cependant, cette couche ne peut être mise en œuvre que si l'épaisseur disponible pour la restauration est supérieure à 2 mm (79).

Cas clinique : IDS + recouvrement dentinaire par résine



1. Mise en place du champ opératoire



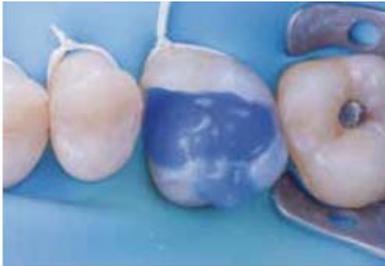
6. Photopolymérisation de l'adhésif
10 secondes



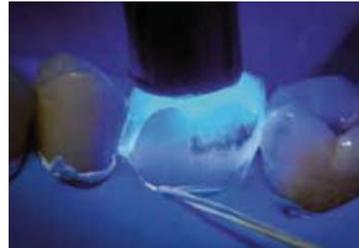
2. Exposition de la dentine fraîchement coupé et après sablage à l'oxyde d'aluminium afin d'augmenter la valeur d'adhérence de la couche hybride



7. Application de composite fluide afin de corriger la géométrie de la préparation et protéger la couche hybride



3. Application d'acide phosphorique :
15 secondes sur la dentine



8. Photopolymérisation pendant 10
secondes à travers de la glycérine



4. Le primer est appliqué et frotté pendant
30 secondes



9. Élimination des excès de résines sur
l'émail



5. Application de l'adhésif



10. Vérification de l'occlusion

Figure 14 : Cas clinique d'une hybridation dentaire immédiate avec système adhésif M&R 2 et recouvrement par résine (73).

Avantages et limites de l'IDS

La réalisation de l'hybridation dentinaire immédiate présente de nombreux avantages, tels que :

- Diminue le risque de contamination par les micro-organismes, les matériaux d'enregistrement et les matériaux temporaires (81).
- Limite la susceptibilité de la couche hybride à se collapser. L'IDS n'étant pas réalisé et l'adhésif étant polymérisé avec le composite de collage une fois l'inlay-onlay inséré, il y a un risque que les fibres de collagène mises à nu se compactent sous la pression. La couche hybride sera pauvre en résine et riche en collagène. Lorsque l'adhésif est polymérisé juste avant la mise en place du composite de collage, c'est le scellement dentinaire tardif. Il n'y a pas de risque pour le réseau de collagène mais cette technique peut engendrer une insertion incomplète de l'inlay-onlay (82).
- Préviens de la transmission de pression à la chambre pulpaire lors de l'insertion de l'inlay-onlay (83)
- Diminue l'utilisation d'anesthésie lors de l'étape de retrait du matériau provisoire et du collage (84)
- Augmente les valeurs d'adhésion à la dentine. La valeur d'adhésion augmente avec le temps, elle est plus importante à 1 semaine qu'à 10 minutes et 24 heures (85).

Cependant, quelques limites sont à prendre en compte :

- Il se produit une couche inhibitrice en raison de la présence d'oxygène à la surface. Il est nécessaire de photopolymériser l'adhésif une 2^{ème} fois, à travers un agent bloquant d'oxygène (glycérine) (84).
- Le protocole de l'IDS s'accompagne d'un allongement du temps au fauteuil (3).
- La présence d'excès d'adhésif sur l'émail est nommée « pool » ou « conglomérats de résine ». Cet excès est à supprimer après la polymérisation de l'adhésif. Attention à ne pas retirer de l'adhésif sur la surface dentinaire (86).
- L'élimination ou la modification de la boue dentinaire et la mise en place de l'adhésif peut augmenter transitoirement l'agression pulpaire (3).

Le scellement dentinaire immédiat est un **moyen fiable de prévention des sensibilités post-opératoires**. Néanmoins le **protocole** doit être scrupuleusement respecté selon le système adhésif choisi sans quoi, il peut être à l'origine de diverses complications.

II.1.3.c Fonds de cavité et substituts dentinaires

Fonds de cavité

Un fond de cavité est un matériau utilisé en fine couche en regard de la pulpe dentaire. Ce procédé prévient la diffusion d'irritants toxiques constituants des colles au sein des tubuli dentinaires capables de causer des dommages pulpaire (72).

Les matériaux pouvant être utilisés en fond de cavités sont l'hydroxyde de calcium et les ciments verres ionomères. L'eugénate de zinc en tant que fond de cavité est non recommandé à cause de leur inhibition de polymérisation des résines composites (87).

Attention, certains de ces matériaux ne doivent pas être mordancer lors du collage au risque de micro-infiltration. Les systèmes de collage auto-mordançants sont à éviter (88).

Ce moyen de prévention dans le cadre de restaurations indirectes n'est pas le plus intéressant.

Substituts dentinaires

Un substitut dentinaire est un matériau utilisé en couche épaisse ayant pour but de renforcer les structures résiduelles de la dent, de combler des parties profondes des préparations coronaires et ainsi de servir d'assise à la restauration d'un inlay-onlay.

Les matériaux utilisés pour les substituts dentinaires sont préférentiellement les ciments verres ionomères modifiés avec adjonction de résine (CVI MAR) ou les résines composites fluides (89).

Ce substitut dentinaire permet le recours de la technique dite « sandwich » ouvert ou fermé. Dans le cadre du « sandwich ouvert », le CVI MAR est appliqué en cervical et reste au contact de la cavité buccale. Ceci permet une meilleure étanchéité cervicale lorsque l'émail est absent. On se retrouve dans des conditions optimales pour assurer un collage de qualité par la suite (89).

II.1.4 Empreinte

II.1.4.a Agents hémostatiques

Afin de limiter l'effet de mordantage des agents hémostatiques, il est nécessaire de limiter le contact du produit à la dentine et de rincer les excès rapidement après l'application (59).

II.1.4.b Techniques d'empreintes

La technique d'empreinte à privilégier est la technique double mélange ou la caméra optique. Si la technique choisie est en 2 temps (*Wash Technic*), il est indispensable d'obturer les tubuli préalablement afin d'éviter une importante transmission de pression au complexe dentino-pulpaire (28).

Toutes les techniques d'empreintes requièrent un substrat sec. Un séchage doux et modéré est préférentiellement réalisé.

II.1.5 Temporisation

L'étape de temporisation peut être évincée par le système CFAO directe. Auquel cas, la pièce est fabriquée directement et ne nécessite pas de délai de laboratoire.

Dans les autres cas, la réalisation d'une restauration provisoire sur dents vivantes est indispensable pour assurer une barrière chimique, thermique et antibactérienne. La présence d'une couche hybride est insuffisante pour assurer la temporisation (90).

II.1.5.a Non temporisation : CFAO directe

Grâce à la CFAO directe (*Conception et Fabrication Assistées par Ordinateur*), toutes les étapes de la chaîne numérique se déroulent au cabinet dont :

- L'empreinte optique qui correspond à l'acquisition des données par une caméra ou scanner.
- La Conception qui consiste à modéliser la prothèse.
- La Fabrication par une machine-outil à commande numérique qui permet d'usiner un plot en céramique (91).

L'inlay-onlay est donc fabriqué directement après la préparation coronaire.

L'absence de restauration temporaire et le fait que le collage ait lieu au cours de la même séance que la préparation contribuent à un faible taux de sensibilités post-opératoires (92)(93).

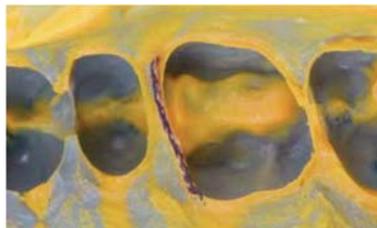
La CFAO directe est un système très intéressant pour le collage d'inlay-onlay sur dents vivantes.

II.1.5.b Matériaux de temporisation

Les matériaux d'assemblage à privilégier sont les résines souples photo-polymérisables à modeler puis à sceller dans la cavité lorsque la durée n'excède pas une semaine. Pour que la résine n'adhère pas à la dentine hybridée, il est nécessaire d'isoler les surfaces avec un gel de glycérine (80).

Si la durée de temporisation est supérieure, il est préférable de fabriquer un inlay-onlay en résine composite chémo-polymérisable et de le sceller.

Cas clinique : empreinte, restauration temporaire



1. Avant l'empreinte double mélange, la préparation est polie à l'aide de ponce et cupule afin de retirer les débris de résidus de la couche inhibée



2. Restauration provisoire avec *Télio inlay onlay*®, Ivoclar Vivadent. Point de contact et antagoniste sont restaurés

Figure 15 : Cas clinique de l'empreinte et de la restauration provisoire (94).

II.1.6 Collage

II.1.6.a Protocole de collage

Essayage de la pièce prothétique

La restauration temporaire est éliminée, ainsi que les dépôts liés à celle-ci. L'inlay-onlay est inséré via des pâtes d'essayage à base de glycérine. Le contrôle et réglage des contacts occlusaux, des points de contacts ainsi que l'adaptation marginale peut être réalisée. L'adaptation marginale doit être comprise entre 50 et 100 μm afin de limiter le risque de dégradation marginale des colles et donc un risque de sensibilité post-opératoire (95).

Isolation des fluides biologiques

La mise en place d'un champ opératoire individuel sur chaque dent préparée est indispensable. L'isolation d'un groupe de dents est indiquée pour le collage des restaurations coronaires plurales.

La digue isole la dent des fluides biologiques, ce qui présente de nombreux avantages :

- Limiter l'humidité incompatible avec le protocole de collage
- Prévenir d'une contamination bactérienne des tissus dentaires
- Faciliter l'insertion de l'onlay et l'élimination des excès
- Absence de pollution des dents adjacentes (96).

Nettoyage des surfaces dures

Le nettoyage des surfaces dentaires est nécessaire afin d'éliminer les dépôts liés aux matériaux temporaires. Celui-ci est réalisé par un microsablage ou par l'emploi de pâtes prophylactiques ou de ponce.

- Le nettoyage avec une **cupule ou une brosette enduite de pâte à polir ou de ponce** en solution aqueuse permet le nettoyage avant l'assemblage définitif. Ce système prévient des risques d'élimination de l'adhésif pouvant apparaître lors du microsablage (97).

- Le **microsablage** consiste en une projection de particules d'oxyde d'aluminium à des pressions variables. Une pression à 3 bars avec des particules de 30 microns sont recommandés afin de ne pas être trop abrasif. La surface dentaire obtenue est propre, rugueuse et la lumière des tubuli s'ouvrent lorsque l'IDS n'a pas été réalisé.

Lorsque la dentine est hybridée, afin de ne pas entraîner l'élimination partielle de la couche hybride, le microsablage doit être rapide. Il permet de rendre cette dernière rugueuse et potentialise l'adhésion (90)(98).



Figure 16 : *Micro sableuse intra-orale MicroEtcher IIA* (16).

Traitement de la surface de la restauration indirecte

Le traitement de surface de l'inlay-onlay est tout aussi important que celui des tissus dentaires. Le protocole diffère selon le matériau utilisé.

Vitrocéramique : Mordançage (acide fluorhydrique à 5%) + Agent de couplage (silane) : 1 minute

> Feldspathique : Acide fluorhydrique : 2min + Silane : 1 min

> Renforcée à la leucite : Acide fluorhydrique : 1 min + Silane : 1 min

> Disilicate de lithium : Acide fluorhydrique : 20 sec + Silane : 1 min

Composite : Sablage + Agent de couplage (silane) (16).

L'agent de couplage améliore la mouillabilité de la surface traitée et diminue l'énergie de surface des céramiques.

Collage

Colles couplées à des systèmes adhésifs à mordançage total (M&R)

Le collage couplé à un système de mordançage total est à l'origine des meilleures valeurs d'adhésions autant à l'émail qu'à la dentine. (99) Cependant, le protocole doit être respecté scrupuleusement afin de prévenir l'apparition de sensibilités post-opératoires (Cf p35).

Si l'hybridation dentinaire immédiate n'a pas été réalisée :

- Le mordançage doit être appliqué pendant 30 secondes sur l'émail et 15 secondes sur la dentine.
- Rinçage et séchage modéré de la préparation par technique de tamponnement.
- Application d'une solution de chlorhexidine à 2% sur la préparation.
- Application du primer et/ou de l'adhésif, étalé au spray d'air puis photopolymérisé pendant 30 secondes en mode progressif (Cf p35.36).

Attention, Il faut être vigilant à ne pas augmenter l'épaisseur du joint de la colle pouvant être à l'origine de l'insertion incomplète de l'onlay et entraîner des ajustements occlusaux supplémentaires. (100)(101).

En cas de photopolymérisation simultanée avec la colle, ceci diminue les propriétés mécaniques du réseau de polymère formés au sein de la dentine et donc diminue les valeurs d'adhésions (102).

L'hybridation dentinaire immédiate a été réalisée :

La dentine étant déjà hybridée, il ne reste qu'à coller sur une surface composée d'émail de composite.

- Microsablage de la surface hybridée et de l'émail puis mordantage de l'émail pendant 30 secondes.

La surface de collage est rugueuse et prête au collage (94).

- Rinçage pendant 10 secondes, et séchage au maximum (la dentine étant hybridée, on ne recherche pas son aspect sec/humide).

- Application du primer et évaporation du solvant.

- Une couche d'adhésif est apposée sans photopolymérisation (79).

Colles couplées à des systèmes adhésifs auto-mordant (SAM)

Ces systèmes n'entraînant pas une mise à nu de la dentine, la conservation de la boue dentinaire constitue un moyen de prévention efficace des sensibilités post-opératoires, cependant :

- Leur potentiel d'adhésion étant inférieur sur l'émail que le système M&R, il convient de mordancer l'émail. Le collage amélaire périphérique étant garant de l'étanchéité de la restauration.

- Si l'IDS n'a pas été réalisé, attention à ne pas mordancer en plus la dentine, cela faisant chuter la valeur d'adhésion de celle-ci (37).

L'inconvénient majeur de ces adhésifs est leur incompatibilité avec certaines colles chémo-polymérisables et dual. Le système SAM à 1 étape inhibe la catalyse initiant la polymérisation des colles auto-polymérisables ou dual. La présence de monomères acides et la diffusion d'eau à travers ces adhésifs sont la cause de ce phénomène (103).

L'utilisation de coffrets associant les adhésifs et leurs composites de collage est recommandée afin d'éviter les risques d'incompatibilités.

Après l'application d'adhésif, le protocole reste le même :

- Double-enduction de la colle sur l'intrados de l'inlay-onlay et sur la dent. Ceci prévient la formation de porosité (16).

- Polymérisation pendant 3 secondes dans un 1^{er} temps

- Élimination des excès de colle puis repolymérisation pendant 1 minute (79).

- Application d'une couche isolante sur l'ensemble du joint de colle afin d'éliminer la couche inhibitrice formée au contact de l'oxygène. Photopolymérisation pendant 5 secondes par face. Cette étape diminue le risque d'altération de l'adaptation marginale (80).

- Contrôle et ajustement de l'occlusion.

- Polissage des limites occlusales à l'aide de fraises diamantées à grains fins puis très fins. Les espaces interproximaux sont également polis à l'aide de strips abrasifs et de polissoirs spécifiques (104).

Photopolymérisation :

Afin d'assurer au mieux la photopolymérisation de la colle, il est recommandé :

- D'augmenter l'exposition lumineuse et le temps d'exposition recommandé par le fabricant au niveau des zones où l'épaisseur de la céramique est plus importante notamment la zone proximale (105).
- D'initier la photopolymérisation en mode progressif, puis après 20 secondes de continuer en pleine puissance, uniforme et continue de 40 à 60 secondes par face. Ceci limite la contraction de polymérisation de la colle (106).
- La source lumineuse doit être placée à la perpendiculaire de la surface et au plus près de la colle (107).
- Une fois la photopolymérisation de surface terminée, il est nécessaire de refroidir les tissus dentaires alternativement avec de l'air comprimé et un spray d'eau afin d'éviter l'accumulation de chaleur (108). Les lampes les plus adaptées à la photopolymérisation des colles sont les lampes LED de 2^{ème} et 3^{ème} génération (107).

Cas clinique : protocole de collage



1. L'inlay-onlay est vérifiée sur le maître modèle



2. La restauration est essayé en bouche à l'aide de pâtes d'essayage



3. Mise en place du champ opératoire. Sablage doux à la micro-sableuse



4. La dentine étant déjà hybridée via système M&R, mordantage de l'émail.



5. Application du primer, de l'adhésif non photopolymérisé puis double enduction de la colle



6. Intégration esthétique et fonctionnelle de la restauration

Figure 17 : Cas clinique du protocole de collage de l'inlay-onlay (73).

II.2 En cas de complications post-opératoires

II.2.1 Abstention thérapeutique

Plusieurs études cliniques montrent une diminution spontanée des sensibilités post-opératoires dans la majorité des cas (7). C'est donc une option thérapeutique à prendre en considération malgré l'inconfort pouvant être ressenti par le patient (59). Le délai de guérison des symptômes douloureux peut atteindre 6 semaines. Au-delà de ce délai, nous devons changer d'option thérapeutique (109).

Pendant cette période, le patient doit maintenir l'hygiène bucco-dentaire. En effet, en présence de sensibilités les patients ont une tendance à mal effectuer les soins quotidiens d'hygiène bucco-dentaire et à éviter de mastiquer sur le secteur concerné. Des conseils nutritifs peuvent être donnés au patient afin de limiter l'absorption d'aliments acides et une gouttière fluorée peut-être proposée (110).

II.2.2 Réétanchéfier le joint dent/restauration

Cette thérapeutique permet uniquement de résoudre superficiellement les défauts du joint collée. Le besoin de cette thérapeutique peut être défini par un diagnostic des défauts du joint en mettant en place une solution saturée de CaCl_2 .

La procédure de réétanchéification consiste à mordancer à l'acide phosphorique le joint dent-restauration, rincer puis appliquer la résine fluide non chargée sur ce joint (*Optiguard*®, *Fortify*®). En cas de joint imparfait, l'application de la solution déclenche une sensibilité dentinaire immédiate par l'exsudation de fluides dentinaires (5).

II.2.3 Déposer et temporiser

En cas de symptômes persistants, la dépose de l'onlay et la temporisation par un matériau aux propriétés sédatives peut être envisagé (26). La restauration de temporisation doit être maintenue au minimum 2 semaines. Dans la majorité des cas, cette technique permet une disparition des symptômes.

En cas de douleurs toujours persistantes après 2 mois, la dévitalisation de la dent est indiquée car une pulpite irréversible est déclenchée (109).

II.2.4 Réaliser le traitement endodontique

Dans les cas les plus sévères, le traitement endodontique peut être réalisé suite à la dépose de l'inlay-onlay ou directement à travers la pièce prothétique. Le maintien de l'élément prothétique permet de maintenir une bonne étanchéité.

Avant la réfection d'un élément prothétique, une obturation transitoire peut être réalisée par un fond de CVI MAR sur lequel sera monté un composite stratifié (16).

Discussion

On estime actuellement qu'une proportion non négligeable de dents vitales sous restaurations indirectes collées est le siège de sensibilités post-opératoires. Cependant la prévalence de ces complications varie énormément en fonction des études. Estimée de 2,5% à 13% à 1 semaine (7,111,112), et pouvant aller jusqu'à 27% à 1 mois.

Cette variabilité prouve que les complications post-opératoires dépendent majoritairement du facteur opérateur-dépendant. Il est donc de la responsabilité du chirurgien-dentiste de minimiser les traumatismes au cours de la procédure clinique.

Afin de diminuer ces complications, des recommandations thérapeutiques sont à adopter au cours des différents temps opératoires.

L'hybridation dentinaire immédiate est un point clé de prévention lors de collage d'inlay-onlay sur dents vitales. Le choix entre le système adhésif auto-mordançant (SAM) et système mordançage et rinçage (M&R) est discutable. Le maintien de la boue dentinaire, réduisant de manière conséquente la perméabilité dentinaire, est un avantage considérable pour le système auto-mordançant selon *Degrange (37)*. Cependant, d'autres auteurs ne recommandent pas ce procédé. L'utilisation d'un système mordançage et rinçage M&R est d'avantage favorable d'après *Bart et Al*. Celui-ci est plus fiable sur le long terme et présente des meilleures valeurs d'adhésion aux tissus durs (113).

Ce qui est rassurant pour certains ou inquiétant pour d'autres, est qu'une indication adéquate et une manipulation rigoureuse s'avèrent plus importante que la nature du produit utilisé. Ceci confirme notre responsabilité dans le succès de la restauration par inlay-onlay sur dents vitales.

Conclusion

Afin d'éviter l'apparition de sensibilités post-opératoires pouvant conduire à la dépose de l'inlay-onlay et donc à l'échec thérapeutique, il convient d'être vigilant tout au long des étapes prothétiques. Chaque étape est source d'agression du complexe dentino-pulpaire. Il existe pour chacune d'entre elle des moyens de précautions limitant leurs survenues.

Le diagnostic pré-prothétique est l'étape initiale. Celle-ci évalue l'état pulpaire et le potentiel de cicatrisation résiduel. En cas de sensibilités provoquées, il est recommandé de ne pas entamer une restauration indirecte sur la dent en question. Les situations post-opératoires douloureuses peuvent ainsi être évités.

Au cours de la préparation coronaire, le choix de l'instrumentation, la technique de fraisage et la présence de refroidissement par spray sont des éléments importants à prendre en compte afin de ne pas aggraver le complexe dentino-pulpaire.

Suite à la préparation coronaire, la dentine fraîchement coupée est le meilleur substrat pour la réalisation d'une **hybridation dentinaire immédiate**. Le protocole d'hybridation doit être scrupuleusement respecté.

Concernant l'empreinte et la temporisation, la technique **CFAO** est à privilégier afin d'éliminer l'étape de temporisation et les inconvénients des empreintes traditionnelles.

Auquel cas, une temporisation à l'aide de résines composites temporaires souples ne doit pas excéder 1 à 2 semaines.

Le **protocole de collage** de l'inlay-onlay depuis l'essayage de la pièce prothétique jusqu'au polissage contient de nombreuses étapes et points clés à respecter, tels que l'isolation des fluides biologiques, la préparation de la pièce prothétique et un collage adapté au système adhésif et à l'hybridation réalisée au préalable.

Si toutes les étapes décrites tout au long de cette thèse à partir du diagnostic pré-prothétique jusqu'au collage de l'inlay-onlay sont respectés, la réalisation de la prothèse indirecte sur dents vitales se fait dans les meilleures conditions et l'apparition de sensibilités post-opératoires peut être évitée.

Si des **sensibilités post-opératoires** apparaissent tout de même, l'abstention thérapeutique est à privilégier en première intention. Dans le cas d'absence de rémission spontanée de la symptomatologie, il est recommandé de déposer la restauration et de mettre en place un matériau temporaire sédatif. En derniers recours, la dévitalisation de la dent peut être entreprise.

La prévention des sensibilités post-opératoires assure le succès des restaurations par inlay-onlay sur dents vitales et consolide la confiance dans la relation patient-praticien.

Bibliographie

1. Durand S, Farges JC, Pirel C, Jemai S, Millet C. Restauration prothétique sur dent vivante : préserver la pulpe. *Inf Dent.* janv 2009;91(9):411-9.
2. Piette E, Goldberg M. La dent normale et pathologique. 2001. 392 p.
3. Farges JC, Roméas A, Magloire H, Couble ML, Melin M, Bleicher F. La cicatrisation pulpaire face aux préparations prothétiques : données actuelles et perspectives. *Chir Dent Fr.* janv 2001;2019:125-31.
4. Biologie pulpaire : comprendre pour appliquer au quotidien [Internet]. [cité 17 déc 2021]. Disponible sur: <https://www.sop.asso.fr/admin/documents/ros/ROS0000223/2069.pdf>
5. Ciucchi B, Bouillaguet S, Holz J. La perméabilité dentinaire et ses implications cliniques. *Réal Clin.* 1995;6(2):144-57.
6. Garberoglio R, Brännström M. Scanning electron microscopic investigation of human dentinal tubules. *Arch Oral Biol.* 1976;21(6):355-62.
7. Denner N, Heydecke G, Gerds T, Strub JR. Clinical comparison of postoperative sensitivity for an adhesive resin cement containing 4-META and a conventional glass-ionomer cement. *Int J Prosthodont.* févr 2007;20(1):73-8.
8. Hilton T, Hilton D, Randall R, Ferracane JL. A clinical comparison of two cements for levels of post-operative sensitivity in a practice-based setting. *Oper Dent.* juin 2004;29(3):241-8.
9. Gambiez A, Deveaux E. Le diagnostic en endodontie II- Les pathologies. *Real Clin.* sept 2006;17(3):291.
10. Brännstrom M, Lindén LA, Johnson G. Movement of dentinal and pulpal fluid caused by clinical procedures. *J Dent Res.* oct 1968;47(5):679-82.
11. Markowitz K, Pashley DH. Discovering new treatments for sensitive teeth: the long path from biology to therapy. *J Oral Rehabil.* avr 2008;35(4):300-15.
12. Brännström M, Aström A. The hydrodynamics of the dentine; its possible relationship to dentinal pain. *Int Dent J.* juin 1972;22(2):219-27.
13. Baldissara P, Catapano S, Scotti R. Clinical and histological evaluation of thermal injury thresholds in human teeth: a preliminary study. *J Oral Rehabil.* nov 1997;24(11):791-801.
14. Allard B, Magloire H, Couble ML, Maurin JC, Bleicher F. Voltage-gated sodium channels confer excitability to human odontoblasts: possible role in tooth pain transmission. *J Biol Chem.* sept 2006;281(39):29002-10.
15. Anca V, Irina-Drăga C. Morphological changes in dental pulp after the teeth preparation procedure. *Rom J Morphol Embryol.* 2005;46(2):131-6.
16. Etienne O, Toledano C, Paladino F, Serfaty R. Restaurations tout-céramique sur dents vitales. *CdP.* 2011. 115 p.
17. Heyeraas KJ, Berggreen E. Interstitial fluid pressure in normal and inflamed pulp. *Crit Rev Oral Biol Med.* 1999;10(3):328-36.
18. Brännstrom M. Sensibilité et complication pulpaire après scellement - comment en réduire le risque ? *Clinic (Paris).* 1997;18:205-10.
19. Müller H, Raab WH. [The effects of local anesthesia on the thermoregulation of the tooth pulp]. *Dtsch Zahnärztl Z.* avr 1990;45(4):216-8.
20. D'incay E, Zunzarren R. Evolution des formes de préparation pour inlays/onlays postérieurs à la mandibule. *Réal Clin.* déc 2014;25(4):317-26.
21. Kerstin G, Pourreyron L. Incidences de la réalisation des prothèses fixées sur la pulpe et le parodonte - 1er partie : préparations dentaires et prothèses transitoires. 2008;142:21-31.
22. Seltzer S, Bender IB. Early human pulp reactions to full crown preparations. *J Am Dent Assoc.* nov 1959;59:915-23.

23. Laurichesse JM, Maestroni F, Breillat J. Endodontie clinique. CdP. 1986.
24. Vivier M, Rozenzweig D. Incidences pulpaires des différentes étapes de l'élaboration d'une prothèse scellée. Cah Prothèse. 1980;32:(49-68).
25. Zach L, Cohen G. Pulp response to externally applied heat. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. avr 1965;19:515-30.
26. Perrini N, Francini E. Prévention des lésions pulpaires iatrogenes au cours de la phase prothétique initiale. Réal Clin. 1994;5(1):35-41.
27. Bernades K de O, Hilgert LA, Ribeiro APD, Garcia FCP, Pereira PNR. The influence of hemostatic agents on dentin and enamel surfaces and dental bonding: a systematic review. J Am Dent Assoc. nov 2014;145(11):1120-7.
28. Gritsch K, Pourreyron L. Incidences de la réalisation des prothèses fixées sur la pulpe et le parodonte. 2ème partie : prise d'empreinte et assemblage. Cah Prothèse. 2008;143:43-53.
29. Paris JC, Faucher AJ, Brouillet JL, Ortet S, Richelme J, Camaleonte G. Les restaurations temporaires. Quintessence internationale; 2012.
30. Goldberg M. In vitro and in vivo studies on the toxicity of dental resin components: a review. Clin Oral Investig. mars 2008;12(1):1-8.
31. Ulker E, Sengun A. Cytotoxicity evaluation of self adhesive composite resin cements by dentin barrier test on 3D pulp cells. Eur J Dent. avr 2009;3:120-6.
32. Khajuria RR, Madan R, Agarwal S, Gupta R, Vadavadi SV, Sharma V. Comparison of temperature rise in pulp chamber during polymerization of materials used for direct fabrication of provisional restorations: an in-vitro study. Eur J Dent. 2015;9(2):194-200.
33. Bardot L. Les matériaux d'obturation coronaire temporaire en odontologie conservatrice. Université de Lorraine; 2017.
34. Markowitz K, Moynihan M, Liu M, Kim S. Biologic properties of eugenol and zinc oxide-eugenol. A clinically oriented review. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. juin 1992;73(6):729-37.
35. Gordon J. Making provisional restorations easy, predictable and economical. J Am Dent Assoc. mai 2004;135(5):625-7.
36. Carvalho CN, de Oliveira Bauer JR, Loguercio AD, Reis A. Effect of ZOE temporary restoration on resin-dentin bond strength using different adhesive strategies. J Esthet Restor Dent. 2007;19(3):144-52; discussion 153.
37. Degrange M. Les adhésifs qui requièrent un mordantage préalable sont-ils obsolètes ? L'information Dentaire. janv 2000;
38. Protection pulpo-dentinaire et adhésion : évolution des concepts biologiques et implications cliniques en pratique quotidienne [Internet]. [cité 18 déc 2021]. Disponible sur: https://www.sop.asso.fr/admin/documents/ros/ROS0000274/Rev_Odont_Stomat_2010_39_p112-133.pdf
39. Basset F, Tirlet G. Dent pulpée, dent dépulpée, comment bien coller ? Clinic (Paris). 2003;24(4):243-7.
40. Sorensen JA, Munksgaard EC. Relative gap formation adjacent to ceramic inlays with combinations of resin cements and dentin bonding agents. J Prosthet Dent. nov 1996;76(5):472-6.
41. Hickel R. [The problem of tooth hypersensitivity following the placement of acid-etch retained inlays]. Dtsch Zahnarztl Z. nov 1990;45(11):740-2.
42. al-Fawaz A, Gerzina TM, Hume WR. Movement of resin cement components through acid-treated dentin during crown cementation in vitro. J Endod. mai 1993;19(5):219-23.
43. Trajtenberg CP, Caram SJ, Kiat-amnuay S. Microleakage of all-ceramic crowns using self-etching resin luting agents. Oper Dent. août 2008;33(4):392-9.
44. Smith DC, Ruse ND. Acidity of glass ionomer cements during setting and its relation to pulp sensitivity. J Am Dent Assoc. mai 1986;112(5):654-7.

45. Pelissier B, Chazel J, Castany E, Duret F. Lampes à photopolymériser. *Encycl Med Chir Paris Stomatol.* 2003;22-020-A-05.
46. Paladino F, Serfaty R, Toledano C. Estimer l'état pulpaire. *Réal Clin.* janv 2013;24(1):253.
47. Naveau A, Renault P, Pierrisnard L. Pulpe et prothèse fixée à ancrage périphérique. *Cah Prothèse.* 2017;138.
48. Hess JC. Enseignement d'odontologie conservatrice Tome 1. Paris Maloine. 1983.
49. Chala S, Abdalloui F. Quand entamer le traitement endodontique des dents permanentes traumatisées ? Critères cliniques de décision - *Revue Odonto stomatologique - Tome 36 - N°1 - SOP* [Internet]. [cité 25 févr 2022]. Disponible sur: <https://www.sop.asso.fr/revue-odonto-stomatologique/200-quand-entamer-le-traitement-endodontique-des-dents-permanentes-traumatisees-criteres-cliniques-de-decision/>
50. Chen E, Abbott PV. Dental pulp testing: a review. *Int J Dent.* 2009;2009:1-12.
51. Bjørndal L. The caries process and its effect on the pulp: the science is changing and so is our understanding. *J Endod.* juill 2008;34(7 Suppl):S2-5.
52. Mjör IA, Ferrari M. Pulp-dentin biology in restorative dentistry. Part 6: Reactions to restorative materials, tooth-restoration interfaces, and adhesive techniques. *Quintessence Int.* janv 2002;33(1):35-63.
53. Descroix V. Pharmacologie des anesthésiques locaux et des vasoconstricteurs. *Vaisseau sanguin. Dissociation (chimie)* [Internet]. Scribd. [cité 6 mars 2022]. Disponible sur: <https://fr.scribd.com/document/492471035/Pharmacologie-Des-Anesthesiques-Locaux-Et-Des-Vasoconstricteurs>
54. Langeland K, Langeland LK. Pulp reactions to cavity and crown preparation. *Aust Dent J.* août 1970;15(4):261-76.
55. Cavalcanti BN, Otani C, Rode SM. High-speed cavity preparation techniques with different water flows. *J Prosthet Dent.* févr 2002;87(2):158-61.
56. Oztürk B, Uşümez A, Oztürk AN, Ozer F. In vitro assessment of temperature change in the pulp chamber during cavity preparation. *J Prosthet Dent.* mai 2004;91(5):436-40.
57. Larson TD. Atraumatic tooth preparation. *Northwest Dent.* févr 2008;87(1):29-34.
58. Siegel SC, von Fraunhofer JA. Dental cutting with diamond burs: heavy-handed or light-touch? *J Prosthodont.* mars 1999;8(1):3-9.
59. Rosenstiel SF, Rashid RG. Postcementation hypersensitivity: scientific data versus dentists' perceptions. *J Prosthodont.* juin 2003;12(2):73-81.
60. Sekimoto T, Derkson GD, Richardson AS. Effect of cutting instruments on permeability and morphology of the dentin surface. *Oper Dent.* juin 1999;24(3):130-6.
61. Ottl P, Lauer HC. Temperature response in the pulpal chamber during ultrahigh-speed tooth preparation with diamond burs of different grit. *J Prosthet Dent.* juill 1998;80(1):12-9.
62. Lasfargues JJ, Colon P. Apport à la sono-abrasion en microdentisterie adhésive. *Real Clin.* 1999;10(2) :251.
63. Etienne O, Anckenmann L. Restaurations esthétiques en céramique collée. *Cdp.* 2016.
64. Dietschi D, Spreafico R. Restaurations esthétiques collées. *Quintessence international.* 1997.
65. Lam CW, Wilson PR. Crown cementation and pulpal health. *Int Endod J.* août 1999;32(4):249-56.
66. Pashley DH, Kalathoor S, Burnham D. The effects of calcium hydroxide on dentin permeability. *J Dent Res.* mars 1986;65(3):417-20.
67. Akca T, Yazici AR, Celik C, Ozgünaltay G, Dayangaç B. The effect of desensitizing treatments on the bond strength of resin composite to dentin mediated by a self-etching primer. *Oper Dent.* oct 2007;32(5):451-6.
68. Tay FR, Pashley DH, Mak YF, Carvalho RM, Lai SCN, Suh BI. Integrating oxalate

- desensitizers with total-etch two-step adhesive. *J Dent Res.* sept 2003;82(9):703-7.
69. Soeno K, Taira Y, Matsumura H, Atsuta M. Effect of desensitizers on bond strength of adhesive luting agents to dentin. *J Oral Rehabil.* déc 2001;28(12):1122-8.
70. Magne P, Douglas WH. Optimization of resilience and stress distribution in porcelain veneers for the treatment of crown-fractured incisors. *Int J Periodont Restor Dent.* déc 1999;19(6):543-53.
71. Suzuki S, Cox CF, White KC. Pulpal response after complete crown preparation, dentinal sealing, and provisional restoration. *Quintessence Int Berl.* juill 1994;(7):477-85.
72. de Souza Costa CA, Hebling J, Randall RC. Human pulp response to resin cements used to bond inlay restorations. *Dent Mater.* oct 2006;22(10):954-62.
73. Pomperski et al. Le scellement dentinaire immédiat : protocole clinique [Internet]. [cité 26 avr 2022]. Disponible sur: <https://education.drmarinpomperski.com/wp-content/uploads/2020/05/BMCArticle-JalladaudPomperski.pdf>
74. Frankenberger R, Lohbauer U, Schaible RB, Nikolaenko SA, Naumann M. Luting of ceramic inlays in vitro: marginal quality of self-etch and etch-and-rinse adhesives versus self-etch cements. *Dent Mater.* févr 2008;24(2):185-91.
75. Carrilho MRO, Carvalho RM, de Goes MF, di Hipólito V, Geraldini S, Tay FR, et al. Chlorhexidine preserves dentin bond in vitro. *J Dent Res.* janv 2007;86(1):90-4.
76. Pelissier B, Kervellec MA, Duret F. Les-lampes-L.E.D.-de-seconde-generation [Internet]. [cité 7 mai 2022]. Disponible sur: <http://www.francoisduret.com/wp-content/uploads/2022/01/252-FD-2005-Les-lampes-L.E.D.-de-seconde-generation.pdf>
77. Degrange M, Pourreyron L. Les systèmes adhésifs amélo-dentaires. Université Médicale Virtuelle Francophone; 2009.
78. Jayasooriya PR, Pereira PNR, Nikaido T, Tagami J. Efficacy of a resin coating on bond strengths of resin cement to dentin. *J Esthet Restor Dent.* 2003;15(2):105-13; discussion 113.
79. Massicart J. Le scellement dentinaire immédiat: intérêts et mise en œuvre. Aix Marseille université; 2018.
80. Rocca GT, Krejci I. Bonded indirect restorations for posterior teeth: from cavity preparation to provisionalization. *Quintessence Int Berl.* mai 2007;38(5):371-9.
81. Cagidiaco MC, Ferrari M, Garberoglio R, Davidson CL. Dentin contamination protection after mechanical preparation for veneering. *Am J Dent.* avr 1996;9(2):57-60.
82. Magne P. Immediate dentin sealing: a fundamental procedure for indirect bonded restorations. *J Esthet Restor Dent.* 2005;17(3):144-54; discussion 155.
83. Lam CW, Wilson PR. The effect of dentine surface treatment on pulpward pressure transmission during crown cementation: a laboratory study. *Int Dent J.* juin 1998;48(3):196-202.
84. Cohen RG, Razzano MV. Immediate dentin sealing using an antibacterial self-etching bonding system. *Pract Proced Aesthet Dent.* oct 2006;18(9):561-5; quiz 566.
85. Reis A, Rocha de Oliveira Carrilho M, Schroeder M, Tancredo LLF, Loguercio AD. The influence of storage time and cutting speed on microtensile bond strength. *J Adhes Dent.* 2004;6(1):7-11.
86. Pashley EL, Comer RW, Simpson MD, Horner JA, Pashley DH, Caughman WF. Dentin permeability: sealing the dentin in crown preparations. *Oper Dent.* févr 1992;17(1):13-20.
87. Dupas C, Gaudin A, Perrin D, Marion D. Étanchéité des obturations coronaires. *Encycl Med Chir Paris* 28-630-C-10. 2016;
88. Roche PM. ACADEMIE D'AIX-MARSEILLE. 2018;75.
89. Faucher AJ, Weissrock G, Brouillet JL, Koubi S, Pertot W. Les inlays-onlays en résine composite : évolution des concepts. *Strat Proothétique.* juin 2004;4(3):171.

90. Chazel JC, Esber S, Kouassi B, Pélissier M. Pulpopathies iatrogènes. Étiologies, prévention et traitements. *Encycl Med Chir Paris Odontol.* 2006;23-008-A-201.
91. Fabry J. Intégration de la CFAO directe en cabinet. Aix Marseille Université; 2018.
92. Heymann HO, Bayne SC, Sturdevant JR, Wilder AD, Roberson TM. The clinical performance of CAD-CAM-generated ceramic inlays: a four-year study. *J Am Dent Assoc.* août 1996;127(8):1171-81.
93. Pallesen U, van Dijken JW. An 8-year evaluation of sintered ceramic and glass ceramic inlays processed by the Cerec CAD/CAM system. *Eur J Oral Sci.* juin 2000;108(3):239-46.
94. Pomperiski M, Jalladaud M, Tirlet G. Le scellement dentinaire immédiat : protocole clinique. 2019;4.
95. Ferrari M, Raffaelli O, Cagidiaco MC, Grandini S. XP BOND in self-curing mode used for luting porcelain restorations. Part B: Placement and 6-month report. *J Adhes Dent.* 2007;(9 Suppl 2):279-82.
96. Weissrock G, Brouillet JL. Le champ opératoire évidemment. *Inf Dent.* 2008;90(43):2525.
97. Azevedo C, Colon P. Les polymères de collage. *Réal Clin.* déc 2005;16(4):351.
98. Abo-Hamar SE, Federlin M, Hiller KA, Friedl KH, Schmalz G. Effect of temporary cements on the bond strength of ceramic luted to dentin. *Dent Mater.* sept 2005;21(9):794-803.
99. Tirlet G, Attal JP. Inlays/onlays esthétiques et colles modernes. *Inf Dent.* 2008;90(1):1181.
100. Hahn P, Schaller H, Hafner P, Hellwig E. Effect of different luting procedures on the seating of ceramic inlays. *J Oral Rehabil.* janv 2000;27(1):1-8.
101. Hikita K, Van Meerbeek B, De Munck J, Ikeda T, Van Landuyt K, Maida T, et al. Bonding effectiveness of adhesive luting agents to enamel and dentin. *Dent Mater.* janv 2007;23(1):71-80.
102. Menezes MJL de, Arrais C, Giannini M. Influence of light-activated and auto- and dual-polymerizing adhesive systems on bond strength of indirect composite resin to dentin. *J Prosthet Dent.* 2006;96(2):115-21.
103. Abo-Hamar SE, Hiller KA, Jung H, Federlin M, Friedl KH, Schmalz G. Bond strength of a new universal self-adhesive resin luting cement to dentin and enamel. *Clin Oral Investig.* sept 2005;9(3):161-7.
104. Koubi S. Les inlays-onlays en résine composite. Nouvelle approche. *Inf Dent.* janv 2000;82(1):194.
105. Lee IB, An W, Chang J, Um CM. Influence of ceramic thickness and curing mode on the polymerization shrinkage kinetics of dual-cured resin cements. *Dent Mater.* août 2008;24(8):1141-7.
106. Faucher AJ, Weissrock G, Koubi G, Tassery H, Lasserre JF, Brouillet JL, et al. Restaurations adhésives en céramique: une nouvelle référence dans la réhabilitation du sourire. *Inf Dent.* 2009;91(8):363.
107. Pélissier B, Castany E, Crouan M, Maurat V, Duret F. Évolution des lampes à photopolymériser : troisième génération des lampes à LED et applications cliniques. *Encycl Med Chir Paris Chir Orale Maxillo-Faciale* 22-020--09. 2009;
108. Rocca G, Krejci I. Bonded indirect restorations for posterior teeth: The luting appointment. *Quintessence Int Berl.* 30 nov 2006;38:543-53.
109. Christensen GJ. Resin cements and postoperative sensitivity. *J Am Dent Assoc.* août 2000;131(8):1197-9.
110. Strupp W. Critical factors for clinical success with all ceramic restorations. Part 8B : Challenges to cementation of all ceramic restorations. *Crown Bridge Update.* 2004;7:25-32.

111. Fabianelli A, Goracci C, Bertelli E, Davidson CL, Ferrari M. A clinical trial of Empress II porcelain inlays luted to vital teeth with a dual-curing adhesive system and a self-curing resin cement. *J Adhes Dent.* déc 2006;8(6):427-31.
112. Krämer N, Reinelt C, Richter G, Frankenberger R. Four-year clinical performance and marginal analysis of pressed glass ceramic inlays luted with ormocer restorative vs. conventional luting composite. *J Dent.* nov 2009;37(11):813-9.
113. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, et al. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent.* juin 2003;28(3):215-35.

Liste des figures

Figure 1 : Principaux critères de préparation pour Inlays-Onlays cosmétiques (20).

Figure 2 : Schéma du système adhésif M&R (16)

Figure 3 : Schéma du système adhésif SAM (16)

Figure 4 : Coupe schématique du phénomène de nanoleakage et microleakage (16)

Figure 5 : Schéma de l'élasticité de la couche hybride responsable de mouvements hydrodynamiques sous une restauration collée (4).

Figure 6 : Le potentiel réparateur de la pulpe diminue à chaque agression, l'âge avançant (adapté d'après Bence) (47)

Figure 7 : Tests de sensibilité pulpaire électrique et au froid, appelés à tort tests de vitalité pulpaire. (46)

Figure 8 : Bilan des critères décisionnels, en bleu favorable à la conservation de la vitalité pulpaire et en rouge favorable à des sensibilités post-opératoires (46).

Figure 9 : Les turbines et contre-angle à sprays multiples permettent un refroidissement efficace. Les modèles les plus récents possèdent jusqu'à 5 buses de spray (W&H) (16)

Figure 10 : Vue en microscopie à balayage de deux extrémités de fraises diamantées (x65). Au cours de leur utilisation et des cycles de stérilisation, les diamants se détachent. L'efficacité des fraises est diminuée (16).

Figure 11 : Inserts ultrasonores pour préparation (Kit Perfect Margin de Satelec Acteon)(16)

Figure 12 : Une contre-dépouille de petite taille est comblée via un composite direct au cours de la préparation (63).

Figure 13 : Ce procédé permet de protéger l'ensemble des parois proche pulpaire, tout en assurant la mise en dépouille (16).

Figure 14 : Cas clinique d'une hybridation dentaire immédiate avec système adhésif M&R 2 et recouvrement par résine (73)

Figure 15 : Cas clinique de l'empreinte et de la restauration provisoire (94).

Figure 16 : Micro sableuse intra-orale MicroEtcher IIA (16)

Figure 17 : Cas clinique du protocole de collage de l'inlay-onlay (73)

Liste des tableaux

Tableau 1 : Nombre et diamètre des tubuli dentinaires en fonction de la distance de la pulpe (d'après Garberoglio et Brännström) (6)

Tableau 2 : Protocole clinique des différents systèmes adhésifs (77)

NANTES UNIVERSITÉ
UNITÉ DE FORMATION ET DE RECHERCHE D'ODONTOLOGIE

Vu le Président du Jury,

VU ET PERMIS D'IMPRIMER

Vu le Doyen,

Pr Assem SOUEIDAN

DJEMA (Inès). - La vitalité pulpaire, un défi quotidien dans les restaurations dentaires modernes par inlay – onlay. - 17 f. ; ill. ; 2 tabl. ; 114 ref. ; 30 cm (Thèse : Chir. Dent. ; Nantes ; 2022)

RESUME

Le développement des inlay-onlays est au cœur de la dentisterie à minima. Cette dentisterie basée sur une préservation tissulaire couplée au progrès des matériaux adhésifs permet de restaurer d'importants volumes, tout en conservant la vitalité pulpaire.

Cependant, la réalisation d'inlay-onlay sur dents vitales peut être synonyme d'apparition de sensibilités post-opératoires. Chacune des étapes de restaurations est source potentielle d'agressions du complexe dentino-pulpaire. Ainsi, la minimisation des dommages pulpaire est notre priorité à partir du diagnostic jusqu'au collage de l'élément prothétique. Toutes les étapes ont leur importance.

RUBRIQUE DE CLASSEMENT : Odontologie conservatrice

MOTS CLES MESH

Dentisterie opératoire / Dentistry operative

Traitement conservateur / Conservative treatment

Pulpe dentaire / Dental pulp

Inlays / Dental inlays

JURY

Président : Professeur AMOURIQ Y.

Assesseur : Docteur JORDANA F.

Directeur : Docteur AMADOR DEL VALLE G.

Co-directeur : Docteur BODIC F.