

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

Année 2017

N° 026

**Inlays Onlays Composite sur dents postérieures :
Technique directe versus technique indirecte**

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

Présentée et soutenue publiquement par

Maëva PILATO
Né le 21/01/1994

Le 6 juin 2017 devant le jury ci-dessous :

Président : M. le Professeur Yves AMOURIQ

Assesseur : M. le Docteur François BODIC

Assesseur : M. le Docteur Kevin DRUGEAU

Directeur de thèse : Mme. le Docteur Fabienne JORDANA

UNIVERSITÉ DE NANTES	
Président	Pr LABOUX Olivier
FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE	
Doyen	Pr AMOURIQ Yves
Assesseurs	Dr LE BARS Pierre Pr SOUEIDAN Assem Pr WEISS Pierre
Professeurs des Universités Praticiens hospitaliers des C.S.E.R.D.	
Monsieur AMOURIQ Yves Monsieur GIUMELLI Bernard Monsieur LESCLOUS Philippe	Madame LICHT Brigitte Madame PEREZ Fabienne Monsieur SOUEIDAN Assem Monsieur WEISS Pierre
Professeurs des Universités	
Monsieur BOULER Jean-Michel	
Professeurs Emérites	
Monsieur BOHNE Wolf	Monsieur JEAN Alain
Praticiens Hospitaliers	
Madame DUPAS Cécile Madame LEROUXEL Emmanuelle	Madame HYON Isabelle Madame GOEMAERE GALIERE Hélène
Maîtres de Conférences Praticiens hospitaliers des C.S.E.R.D.	Assistants Hospitaliers Universitaires des C.S.E.R.D.
Monsieur AMADOR DEL VALLE Gilles Madame ARMENGOL Valérie Monsieur BADRAN Zahi Madame BLERY Pauline Monsieur BODIC François Madame DAJEAN-TRUTAUD Sylvie Madame ENKEL Bénédicte Monsieur GAUDIN Alexis Monsieur HOORNAERT Alain Madame HOUCHMAND-CUNY Madline Madame JORDANA Fabienne Monsieur KIMAKHE Saïd Monsieur LE BARS Pierre Monsieur LE GUEHENNEC Laurent Madame LOPEZ-CAZAUX Serena Monsieur MARION Dominique Monsieur NIVET Marc-Henri Madame RENARD Emmanuelle Monsieur RENAUDIN Stéphane Madame ROY Elisabeth Monsieur STRUILLOU Xavier Monsieur VERNER Christian	Monsieur ABBAS Amine Monsieur AUBEUX Davy Madame BERNARD Cécile Monsieur BOUCHET Xavier Madame BRAY Estelle Madame CLOITRE Alexandra Monsieur DRUGEAU Kévin Madame GOUGEON Béatrice Monsieur LE BOURHIS Antoine Monsieur LE GUENNEC Benoît Monsieur LOCHON Damien Madame MAÇON Claire Madame MAIRE-FROMENT Claire-Hélène Madame MERCUSOT Marie-Caroline Monsieur OUVRARD Pierre Monsieur PRUD'HOMME Tony Monsieur SARKISSIAN Louis-Emmanuel
Maître de Conférences	
Madame VINATIER Claire	
Enseignants Associés	A.T.E.R.
Monsieur KOUADIO Ayepa (Assistant Associé) Madame LOLAH Aoula (MC Associé) Madame RAKIC Mia (PU Associé)	Madame BON Nina

Mise à jour le 03/04/2017

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 propre à leurs auteurs et qu'il n'entend leur donner aucune approbation, ni importance.

REMERCIEMENTS :

A Monsieur le Professeur Yves AMOURIQ

Docteur en chirurgie dentaire

Maître de conférences des universités

Praticien hospitalier des centres de soins d'enseignement et de recherche dentaires

Département de Prothèse

- NANTES-

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de présider mon jury de thèse,

Pour votre rigueur et vos compétences qui permettent de toujours progresser.

Veillez trouver ici mes remerciements et l'expression de mon profond respect.

A Madame le Docteur Fabienne Jordana

Docteur en chirurgie dentaire

Maître de conférences des universités

Praticien hospitalier des centres de soins d'enseignement et de recherche dentaires

Département de Prothèse

-NANTES-

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de diriger ma thèse.

Pour votre gentillesse et vos compétences dans tous les domaines.

Pour votre rapidité de correction et vos conseils avisés.

Veillez recevoir mes sincères remerciements et mon profond respect.

A Monsieur le Docteur François BODIC

Docteur en chirurgie dentaire

Maître de conférences des universités

Praticien hospitalier des centres de soins d'enseignement et de recherche dentaires

Département de Prothèse

-NANTES-

Pour avoir accepté de siéger au sein de ce jury.

Pour la qualité de votre enseignement et de votre savoir faire.

Veillez recevoir mes sincères remerciements.

A Monsieur le Docteur Kévin DRUGEAU

Docteur en chirurgie dentaire

Attaché Hospitalier Universitaire des centres de soins, d'enseignement et de recherche dentaires

Département de Prothèse

-NANTES-

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de participer à ce jury.

Pour ces agréables moments passés en vacation avec vous.

Veillez recevoir mes sincères remerciements.

SOMMAIRE:

I - Introduction.....	10
II - Préalable.	11
2.1 Contexte et désir sociétal.....	11
2.2 Inlays - onlays.....	11
2.2.1 Définition.....	11
2.2.2 Indications.....	12
2.2.3 Contre indications.....	12
2.2.4 Avantages.....	13
2.2.5 Inconvénients.....	14
2.3 La résine composite dentaire.....	15
2.3.1 Généralités.....	15
2.3.2 Les différents types de résine composite dentaire.....	17
2.4 Le collage.....	18
2.4.1 L'adhésion.....	18
2.4.2 Les différents systèmes de collage.....	18
2.4.3 Collage sur l'émail.....	21
2.4.4 Collage sur la dentine.....	21
III – La technique directe.....	23
3.1 Indications et contre-indications.....	23
3.2 Avantages et inconvénients.....	24
3.3 La mise en œuvre traditionnelle.....	25
3.4 Les résines composites dentaires « Bulk Fill ».....	28
3.5 La technique semi directe.....	30
IV – La technique indirecte.....	31
4.1 Indications et contre-indications.....	31
4.1.1 Indications générales et individuelles.....	31
4.1.2 Contre-indications générales et individuelles.....	32
4.2 Avantages et inconvénients.....	33
4.2.1 Avantages généraux et individuels.....	33
4.2.2 Inconvénients individuels.....	34
4.3 La mise en œuvre traditionnelle.....	35
4.3.1 La préparation.....	35
4.3.2 L'empreinte.....	37
4.3.3 Temporisation.....	37
4.3.4 Etapes de laboratoire.....	38
4.3.5 Essayage clinique.....	40
4.4 La conception et fabrication assistée par ordinateur (CFAO).....	47
V – Technique directe versus technique indirecte.....	49
5.1 Systematic review and meta analysis (juillet 2016).....	49
5.1.1 Présentation de l'étude – Comment se fait une méta analyse.....	49
5.1.2 Les limites de l'étude.....	51
5.2 Comparaison des paramètres de l'étude.....	53
5.2.1 Echec.....	53
5.2.2 Carie secondaire.....	54

5.2.3 Sensibilité post opératoire.....	55
5.2.4 Harmonie de teinte et décoloration marginale.....	55
5.3 Comparaison d'autres paramètres absents de l'étude.....	58
5.3.1 Usure.....	58
5.3.2 Adaptation marginale.....	60
5.4 Quel avenir pour les restaurations postérieures en composite quand la science se tourne vers la CFAO et la céramique?	62
5.4.1 Du traditionnel vers les blocs CAD-CAM : la résine composite dentaire par technique indirecte en pleine révolution	62
5.4.2 Les différents blocs CAD-CAM blocs en résine composite dentaire.....	63
5.4.3 Les impacts des dernières avancées scientifiques sur les propriétés des composites directs et indirects.....	66
5.4.4 Vers la meilleure réponse possible aux attentes des praticiens et de leurs patients	67
VI - Conclusion	69
VII - Bibliographie	70
VIII – Table des tableaux.	79
IX – Table des illustrations.	80
X - Annexes.....	81

I - Introduction

Le principe de la « *minimal invasion conservatrice restorative dentistry* », autrement dit une pratique dentaire avec une préparation minimale de l'organe dentaire, est devenu le fondement sur lequel repose l'exercice d'aujourd'hui et de demain.

En effet, le gradient thérapeutique est l'un des principaux guides dans notre choix de traitement. La décision du chirurgien-dentiste doit également être basée sur *Evidence-Based Medicine* (médecine basée sur les preuves), son expérience clinique et les attentes de ses patients. Les patients sont à l'ère du numérique, de plus en plus informés et sont à la recherche de l'excellence dans leur prise en charge thérapeutique.

La première molaire ou dent de 6 ans reste la dent définitive la plus susceptible à la carie. En effet, la présence de lésions carieuses est observée plus fréquemment en région postérieure. Les inlays-onlays sont un des moyens pour reconstituer ces dents. La résine composite dentaire permet de les réaliser de deux façons différentes, par technique directe ou par technique indirecte.

Les enjeux principaux de cette thèse sont au nombre de deux. Le premier est une comparaison actuelle des deux méthodes, appuyée par une revue systématique et méta-analyse de juillet 2016. Le deuxième est une projection à l'ère du numérique de la convergence des deux techniques intégrant l'utilisation de la résine dentaire composite avec les blocs CAD – CAM.

Ce travail est également un récapitulatif complet des deux techniques (directe et indirecte) avec les dernières données actuelles de la science.

II - Préalable.

2.1 Contexte et désir sociétal

La préservation du tissu dentaire est devenue la clé de voûte de la dentisterie moderne. L'utilisation de matériaux ne nécessitant pas, ou peu, de préparation de la surface dentaire est l'un des points clés de cette démarche. Les résines composites sont donc l'objet de nombreux travaux de recherches, de la part des industriels notamment qui innovent toujours davantage en termes de composition de matrice, de volume de charges...

Les patients sont de plus en plus ancrés dans la médecine dite **moderne : rapide, indolore, efficace de suite, peu onéreuse**. Les Inlays-Onlays en résine composite se révèlent progressivement comme la réponse logique aux désirs de ces patients de part le matériau constitutif, la préparation, les courtes étapes de réalisation, le coût.

2.2 Inlays - onlays

2.2.1 Définition (70)

L'inlay est une restauration à incrustation uniquement cavitaire (classes 1 ou 2). La cavité se trouve à l'intérieur des parois de la dent (le matériau est inclus dans le tissu dentaire).

L'onlay est le prolongement de l'inlay, c'est une restauration à incrustation cavitaire qui comprend un ou plusieurs recouvrements cuspidiens pour éviter le risque de fracture de la dent (le matériau recouvre une partie de la dent).

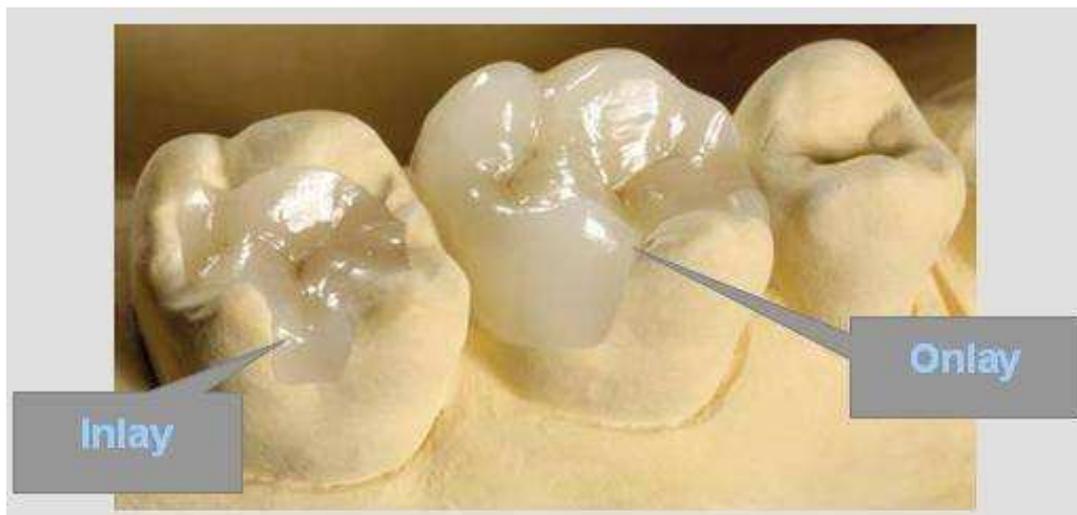


Figure 1: Exemple d'un inlay et d'un onlay(15)

2.2.2 Indications (1)

Les indications des inlays-onlays concernent :

- les secteurs postérieurs : prémolaires et molaires,
- les pertes de substances importantes (stade 3 et 4) pour palier
 - > à la difficulté de reconstituer des contacts proximaux corrects,
 - > à des techniques plus délabrantes de l'organe dentaire (de type couronne par exemple).
 - > à la rétraction à la polymérisation des résines composites dentaires (dans le cas des techniques semi-directes et indirectes) difficile à gérer dans les cavités ayant un facteur de configuration (facteur C) élevé, responsable de contraintes importantes au niveau des joints collés, surtout si les limites cervicales de la préparation se situent dans la dentine ou le ciment : risque d'adhésion incomplète.
- inlay : cavités moyennes de molaires et prémolaires.
- onlay : cavités importantes nécessitant un recouvrement avec une résistance mécanique et une reconstitution de cuspide.

2.2.3 Contre indications (69)

Elles sont absolues si le matériau utilisé est une résine composite dentaire:

- > Risque oslérien
- > Allergie
- > Faible coopération
- > Mauvaise hygiène bucco dentaire
- > Risque carieux élevé, cariosusceptibilité important
- > Limites infra-gingivales
- > Isolation impossible : impossibilité de poser un champ opératoire

Elles sont relatives si le matériau utilisé est une résine de composite dentaire :

- > Fluorations préalables (difficultés de mordantage)
- > Respiration buccale
- > Hyposialies
- > Limites juxta-gingivales

2.2.4 Avantages (19)

Les avantages des inlays-onlays en composite sont nombreux :

- > Économie tissulaire
 - conservation si possible des crêtes marginales
 - préservation de la vitalité pulpaire
 - conservation des tissus infiltrés ou colorés non carieux
 - les préparations destinées à recevoir une telle restauration peuvent résulter du remplacement d'une ancienne restauration, d'une atteinte carieuse ou d'une fracture
- > Esthétique
- > Meilleur contrôle des contacts proximaux
- > Excellente adaptation marginale
- > Réparation immédiate en bouche en cas de fracture
- > La thermopolymérisation diminue le risque de rétraction de prise
- > Le coût d'un inlay en résine composite dentaire est inférieur à un inlay en céramique
- > Recul clinique important

2.2.5 Inconvénients (79)

Les inconvénients des inlays-onlays sont :

Les fractures du matériau et fractures dentaires

Les inlay-onlays sont susceptibles de se fracturer, et d'entraîner alors une fracture associée de l'organe dentaire.

Les caries secondaires

Leur découverte impose en général la dépose de la restauration.

Les altérations marginales

Elles peuvent se faire par une décoloration, une délamination ou une usure. La faible sévérité de ces altérations et leur caractère automutilant imposent rarement le renouvellement des restaurations. De plus, la présence de colorations marginales et/ou hiatus au niveau joint, à moins d'être des lésions carieuses franches, n'est pas prédictive de caries secondaires.

Les hypersensibilités/complications pulpaires

Ce phénomène semble se résoudre naturellement en quelques semaines dans la majorité des cas, mais sa sévérité et/ou son caractère irréversible imposent parfois la réalisation d'un traitement endodontique.

L'usure

Aucune étude ne fait aujourd'hui état de l'échec total d'une restauration par inlay-onlay composite dû à un phénomène d'usure : il s'agit plutôt d'un processus de dégradation indirecte par une détérioration de l'état de surface des restaurations, une altération du joint marginal et une diminution du rendu esthétique. Ces altérations restent cliniquement acceptables et ne nécessitent généralement pas le remplacement des restaurations.

2.3 La résine composite dentaire

2.3.1 Généralités (22, 51, 83, 36, 48)

Les résines composites dentaires sont des matériaux qui contiennent :

- des composants en résine organique qui forment **la matrice** (la plupart des systèmes contiennent des monomères à noyau aromatique tel que le bisphénol A diglycide diméthacrylate « bis-GMA ») :

Caractéristiques	Bis-GMA de BOWEN	Uréthane diméthacrylate (U-DMA)
Noyaux / terminaisons	- 2 noyaux aromatiques (bisphénol A) + 2 terminaisons méthacrylates (double liaison C-C vinylique aux 2 extrémités du groupement acrylique) + 2 radicaux	- 2 terminaisons méthacrylate + 1 radical
Rigidité	- très rigide donc copolymères à ajouter sinon inutilisable	- linéaire donc moins rigide
Sensibilité à l'hydrolyse	- sensible à l'hydrolyse (groupement OH)	- moins sensible à l'hydrolyse
Poids moléculaires et viscosité	- haut poids moléculaire et haute viscosité	- haut poids moléculaire et moins visqueux
Interaction avec l'organisme	- perturbateur endocrinien	

Tableau 1 : Composants possibles de la matrice d'une résine composite dentaire(22)

- des **charges** inorganiques (de tailles variables allant de 0,04 µm pour les microcharges jusqu'à 30 µm pour les macrocharges). Une forte concentration en charges influe en minimisant le retrait de polymérisation et garantissant ainsi la résistance du matériau.

Il est souhaitable d'employer une résine composite contenant environ 70% de charge en volume. :

~ de nature minérale, organique ou organominérale

~ dureté élevée

~ chimiquement inertes

~ composition, granulométrie et forme variables

~ assurant les propriétés mécaniques pour compenser les faiblesses de la phase organique, et esthétiques

~ composition

- > verres (SiO₂ microcolloïdale, pyrolytique) : microcharges et non radio-opaques donc peu utilisés (dents antérieures)
- > verres de silicates de baryum, zirconium, strontium : grosses particules et radio-opaques, propriétés mécaniques et optiques (dents antérieures)
- > charges organiques prépolymérisées : résines méthacryliques polymérisées thermiquement et polycarbonates
- > charges organo-minérales : noyau minéral de silicate vitreux ou de silice, enrobé de matrice polymérisée thermiquement
- > fibres minérales

- un agent de couplage interfacial organo-minéral, le **silane**, lie la résine à la charge (la qualité de l'agent de couplage à base de silane conditionne la pérennité de la résine composite dans la mesure où la perte des charges entraîne une usure excessive du matériau en surface) :

~ augmentant l'interaction monomères/charges et limitant la pénétration de l'eau

~ composition : élément chimique : silicium

- > 3 groupements alcool (liaison aux charges)
- > 1 groupement méthacrylate (liaison aux monomères)

- des **stabilisateurs** (inhibiteurs de prises) qui sont des systèmes photo-sensibilisateurs :

~ dérivés du phénol : hydroquinone, monométhyl éther d'hydroquinone.

- des **adjuvants** : améliorent les propriétés du matériau, ce sont :

~ diluants/contrôleurs de viscosité (MMA, DEGMA, TEGMA, HEMA...)

~ colorants/pigments

~ agents de polymérisation

~ inhibiteurs de polymérisation

On retiendra pour la suite que la résine composite dentaire est composée de **plusieurs constituants qui peuvent être libérés notamment lors de la dégradation du matériau**. Ces éléments seront détaillés par la suite car il s'agit **d'inconvénient majeur** de ce matériau.

2.3.2 Les différents types de résine composite dentaire (29, 85, 86, 88)

La classification décrite par Lutz et Philips (1983) basée sur la taille des charges et leur distribution est une référence. De nos jours, les produits présents sur le marché sont presque exclusivement des composites hybrides (combinaison de micro et macrocharges) nanochargés et des nanocomposites. C'est pourquoi la classification basée sur les composants matriciels paraît aujourd'hui plus efficiente :

<i>Matrice</i>	<i>Charges</i>	<i>Système chimique</i>	<i>Groupe</i>	<i>Exemple</i>
Conventionnelle	Verre, quartz, dioxyde de silicium	Méthacrylates	Composites hybrides, nanocomposites	Tetric EvoCeram® Filtek Supreme XT®
Inorganique	Verre, quartz, dioxyde de silicium	Inorganiq poly condensé	Ormocers	Admira® Definite®
Méthacrylates modifiés à l'acide	Verre fluorosilicaté	Groupes polaires	Compomères	Dyract eXtra®
Epoxydes avec ouverture de cycles	Verre, quartz, dioxyde de silicium	Polymérisation cationique	Siloranes	Filtek Silorane®

Tableau 2 : Classifications des différentes résines composites dentaires selon leurs composants matriciels (88)

Les ormocers (acronyme d'Organically Modified CERamic) contiennent à la fois un réseau inorganique et les composants organiques de la matrice. Ce procédé a été élaboré pour éviter le retrait de polymérisation. Ils peuvent être employés pour toutes les classes de restaurations (88).

Les compomères allient la technologie des résines composites à celle des ciments verres ionomères. Ils sont indiqués dans la restauration des dents temporaires. Leur résistance à l'abrasion étant faible, ils ne sont pas utilisés pour des restaurations étendues (88).

Les résines composites siloranes présentent une matrice qui contient des monomères cycliques réduisant ainsi le retrait de polymérisation grâce à l'ouverture des cycles durant la formation de la chaîne de monomères. La très bonne stabilité de ces matériaux au contact de différentes substances est attribuable à leur faible absorption d'eau. En raison de la faible gamme de couleurs disponibles, leur indication reste circonscrite aux dents postérieures (88).

2.4 Le collage

2.4.1 L'adhésion

L'adhésion est la force qui lie deux matériaux de nature différente mis en contact intime. C'est une relation d'attraction à l'échelle moléculaire entre un substrat et un adhérent. La résistance du collage dépend de l'intensité des forces présentes sur chaque site en contact. L'adhésion est indispensable pour la rétention et favorise l'herméticité.

2.4.2 Les différents systèmes de collage (22, 51, 83)

Le système adhésif doit permettre un collage suffisant de la résine composite sur la surface dentaire. En substance, ceci se déroule en quatre étapes :

1. Conditionnement de la surface amélaire à l'acide ► la configuration après mordantage permet un assemblage micromécanique.
2. Conditionnement de la surface dentinaire à l'acide ► dissolution (partielle) des boues dentinaires, déminéralisation de la surface et de l'entrée des tubules, exposition du réseau collagénique.
3. Primaire hydrophile ► diffusion dans le réseau collagénique et les tubules ouverts.
4. Adhésif ► pénétration et stabilisation du réseau collagénique, formation d'une couche hybride dentinaire ► pénétration dans la surface amélaire mordancée et liaison à la résine composite.

Les différents systèmes adhésifs peuvent être représentés de façon très simplifiée par mélange des trois couleurs primaires comme suit :

Techniques	Composants	Conditionnement	Primaire	Adhésif
Mordançage- rinçage	3 étapes			
	2 étapes			
Automordançage	2 étapes			
	1 étape			

Tableau 3 : Les différents systèmes adhésifs schématisés par des couleurs(88)

La force d'adhésion est généralement plus faible avec les systèmes auto-mordançants qu'avec les systèmes à mordançage-rinçage. Cependant, on peut obtenir des collages adhésifs de bonne qualité en utilisant de nombreux adhésifs, qu'ils soient auto-mordançants ou pas.

Toutefois, les forces d'adhésion restent nettement plus faibles avec les systèmes « *one-step* ». A la place de l'acide orthophosphorique, ces systèmes en une étape contiennent des monomères d'acide qui dissolvent partiellement les boues dentinaires, et déminéralisent la couche d'émail. Les modifications de la surface ainsi mordancée sont nettement moins prononcées qu'après l'utilisation d'acide phosphorique. La force d'adhésion des adhésifs auto-mordançants peut toutefois être améliorée par un conditionnement à l'acide orthophosphorique préalable à l'application du système de collage.

Au niveau des secteurs postérieurs, la surface dentinaire préparée plus importante peut permettre de poser l'indication d'un système auto-mordançant (avec mordançage total préalable des marges d'émail pour assurer l'adhérence et l'étanchéité du joint périphérique). Cependant, une bonne indication et une manipulation rigoureuse s'avèrent plus importantes que la nature de l'adhésif utilisé.

Systèmes de collage	Avantages	Inconvénients
MR3 Mordançage puis primaire puis résine	- système "classique" qui a fait ses preuves sur l'émail et la dentine - reste +/- le plus performant	- durée opératoire et 3 produits
MR2 Mordançage puis primaire + résine	- système en 2 temps : simplification, gain de temps /MR3	- difficulté de trouver le bon degré d'humidité dentinaire procurant une pénétration optimale de l'adhésif : séchage progressif en se rapprochant de la préparation, élimination des excès par simple aspiration avec la canule salivaire, absorption des excès d'eau par tamponnements avec des boulettes de coton humides ou des "micro-brosses" ou séchage à l'air comprimé suivi d'une réhydratation par tamponnement
SAM2 Système auto-mordançant en 2 temps	- système en 2 temps (tout-en-un) : simplification, gain de temps /MR : primaire acide + adhésif - séquence de rinçage éliminée : ↓ risques de contamination des tissus préparés par le sang ou la salive - ↓ sensibilité post-op : obturation tubulaire par les bouchons de boue dentinaire	- acides plus faibles que l'acide phosphorique : mordançage préalable des marges de l'émail possible (2 étapes) mais CI pour la dentine - évaporation de l'eau contenue délicate : les SAM contiennent de l'eau nécessaire pour activer le potentiel d'ionisation de leurs monomères fonctionnels acides - pas d'élimination de la boue dentinaire (mais elle est infiltrée par la résine de l'adhésif) : après polymérisation, la zone hybride contient la résine de l'adhésif, les fibres de collagènes de la dentine et les protéines de la boue (on conseille d'utiliser des fraises à grains fins pour ↑ épaisseur de la boue dentinaire et donc ↑ couche hybride) - faibles valeurs d'adhérence à l'émail
SAM1 Système auto-mordançant en 1 temps	- système en 1 temps (tout-en-un), simplification, gain de temps /MR et SAM2	- coexistence d'eau, de monomères hydrophiles, de solvants et de monomères hydrophobes

Tableau 4 : Les avantages et inconvénients des différents systèmes de collage (25,88)

2.4.3 Collage sur l'émail (87)

L'émail se compose d'une partie minérale (96 %), d'une partie organique (eau, glycoprotéines d'environ 4 %), formé de prismes et de substance interprismatique, sa surface est lisse et humide.

Avant tout protocole de collage, l'émail doit être nettoyé de la plaque bactérienne (qui empêche le contact intime d'un matériau avec la surface amélaire) et préparé pour rendre sa surface rugueuse donc rétentive.

Procédure de collage à l'émail

- dépend de la présence ou l'absence, de l'épaisseur et de la qualité de l'émail.
- mordantage : application d'une solution d'acide phosphorique dont la concentration est située entre 30 et 40 % qui entraîne l'élimination de la couche superficielle amélaire ($\approx 10 \mu\text{m}$) et une dissolution partielle des prismes d'émail (pertuis) sur une profondeur de 10 à 20 μm et de 1 à 5 μm de diamètre.
- cette attaque acide dissout différemment l'émail inter- et intra-prismatique :
 - > image en écailles de poisson (substance interprismatique dissoute en premier laissant des pertuis entre les prismes d'émail)
 - > image en nids d'abeilles (prismes dissous en premiers avec persistance de la substance interprismatique)
- il en résulte une surface irrégulière et anfractueuse, qui après rinçage et séchage, prend un aspect blanc crayeux.
- cela augmente l'énergie de surface (qui était faible au départ), la surface disponible et la mouillabilité ainsi que la capacité de rétention micromécanique de la surface amélaire.

2.4.4 Collage sur la dentine (81)

La dentine se compose d'une partie minérale (hydroxyapatite d'environ 70 %), d'une partie organique (12 % d'eau + 18 % de collagène). C'est un substrat humide (ce qui la différencie de l'émail), composé de deux types de dentine :

- l'inter-tubulaire : peu minéralisée,
- la péri-tubulaire : très minéralisée.

Chaque utilisation d'instrument rotatif laisse en surface une couche de boue dentinaire poreuse et hétérogène dont la morphologie et l'épaisseur varient en fonction de l'instrument utilisé. La « *smear layer* » est un agglomérat d'hydroxyapatite et de protéines et éventuellement de bactéries. Le manque de cohésion et la faible adhérence aux tissus

dentaires préparés de la boue dentinaire ne lui permettent pas d'être un bon support aux biomatériaux adhésifs. La difficulté du collage à la dentine résulte de la présence de trois substrats différents, l'humidité intrinsèque du tissu, le réseau de collagène à infiltrer et la boue dentinaire à éliminer.

Il faut donc réaliser une couche hybride : entrelacement de deux types de polymères

- > fibres de collagène de la matrice dentinaire, polymère d'origine naturelle
- > macromolécules de résine adhésive, polymère de synthèse

Lors de l'application de la résine adhésive sur la dentine, elle pénètre dans les tubulis et infiltre le réseau protéique péri- et inter-tubulaire, on crée alors un ancrage micromécanique.

Procédure de collage à la dentine

1^{ère} étape : élimination ou stabilisation de la boue dentinaire par un mordantage acide

- mordantage total
- application d'un gel d'acide orthophosphorique à 37 % pendant 30 sec sur l'émail et 15 sec sur la dentine et rinçage pendant 10 à 20 sec
- élimination de la boue dentinaire
- ouverture des orifices tubulaires
- déminéralisation superficielle des zones péri- et inter-tubulaires sur une profondeur de 1 à quelques μm (constituée d'un réseau de fibrilles de collagène ($\frac{1}{4}$) entrelacées et dispersées dans l'eau du rinçage ($\frac{3}{4}$)) créant une surface micro-rétentive. La surface traitée est principalement hydrophile, ce qui pose problème pour y l'infiltration d'un monomère hydrophobe.
- l'évaporation de l'eau du rinçage par séchage à ce stade entraîne une fusion des fibrilles protéiques : la surface collapsée devient compacte et non propice à la pénétration de la résine

2^{ème} étape : diffusion de la résine adhésive dans le réseau de collagène (formation de la couche hybride) et les tubulis dentinaires (formation de "tags" ou brides résineuses), avec une adhésion de 10 à 20 MPa.

III – La technique directe

3.1 Indications et contre-indications (40, 69)

Les indications pour l'utilisation des résines composites dentaires sur les dents postérieures sont limitées aux restaurations de classe I, aux restaurations de classe II sur prémolaires et aux restaurations de classe II de taille petite à modérée sur molaires permanentes. Si l'on doit restaurer des cavités de classe II larges et complexes, la méthode indirecte semble à privilégier.

Les indications liées au composite en restauration directe :

- patients motivés, coopérants
- bonne hygiène bucco dentaire
- risque carieux individuel faible
- sites 1, 2 et 3
- petites lésions
- limites supra-gingivales
- isolation possible

Pour les contre indications se reporter au paragraphe 2.2.3.

3.2 Avantages et inconvénients (22, 43)

Avantages	Inconvénients
- une séance au fauteuil	- résistance mécanique perfectible (usure)
- excellente adhésion	- contraction de prise = manque d'étanchéité (hiatus, microfracture), sensibilités post-opératoire, caries secondaires
- collage = économie tissulaire = préparations minimalistes, possibilité de traiter des cavités de taille réduite (scellement de sillons, microdentisterie)	- absence d'auto-étanchéification
- renforcement des dents restaurées (collage)	- non cariostatique : peu adapté en présence d'une hygiène bucco-dentaire faible ou polycaries
- résistance en flexion > amalgame	- récidives carieuses à bas bruit (isolants)
- bon isolant thermique	- non compatible avec la salive
- biocompatibilité	- mise en œuvre longue (application par strates, par petits incréments polymérisés successivement), champ opératoire
- absence d'électro galvanisme	- possibilité de coloration , d' infiltration
- absence de toxicité mercurielle	- durée de vie clinique moyenne
- dureté d'emblée optimale après polymérisation	- vieillessement inéluctable = altération de l'état de surface et du polissage, du joint à l'humidité, aux contraintes mécanique, à l'acidité, aux UV, au milieu salé
- retouches/bonne aptitude au polissage/finitions immédiates	- coût (supérieur aux amalgames)
- esthétique avec possibilité de stratification (dégradé de teinte)	

Tableau 5 : Les avantages et inconvénients de la technique directe (22,43)

3.3 La mise en œuvre traditionnelle (83, 24, 31, 32, 33)

La procédure opératoire débute par une anesthésie locale si jugée nécessaire, un nettoyage des surface dentaires (fil dentaire, brochettes de Roberts, abrasif) et du choix de la teinte par le praticien et le patient. Puis, la mise en œuvre peut être considérée comme comprenant plusieurs étapes :

1. Création d'un champ opératoire optimal :

Isoler avec un champ opératoire parfaitement sec améliore la qualité de toutes les restaurations dentaires collées. L'utilisation d'une feuille de digue en caoutchouc est le moyen le plus sûr d'y parvenir. La mise en place de la digue améliore la visibilité dans le champ opératoire, optimise la longévité des restaurations et accroît la protection du patient (inhalation d'instruments, de solutions désinfectantes).

2. Utilisation d'instruments auxiliaires :

Une bonne matrice est cruciale pour le succès des restaurations. Dans les secteurs postérieurs, l'utilisation de matrices sectionnelles préformées s'est imposée. L'utilisation de coins et d'anneaux de séparation, en association avec des systèmes de matrices sectionnelles, permet de réaliser aisément un point de contact efficace. Il a été démontré que l'utilisation de matrices transparentes et de coins inter dentaires réfléchissant la lumière permettent une application multidirectionnelle de la lampe à photo-polymériser.

3. Mesures d'adhésion et de biocompatibilité :

Les matériaux adhésifs modernes permettent le collage et le scellement sur la dentine et la création d'une couche hybride protégeant la pulpe des agressions bactériennes, chimiques et physiques. Les procédures adhésives impliquant l'élimination de la boue dentinaire sont à préférer, étant donnée leur performance supérieure et leur protection de la pulpe. De telles procédures impliquent (protocole MR3): un mordantage total (15 secondes), un rinçage soigneux (20 secondes), une application pendant 15 secondes d'un primaire biocompatible pour mouiller la dentine (collage en milieu humide) et une application de l'adhésif suivie de la photo-polymérisation (30 secondes).

4. Technique de la stratification centripète (16, 38) :

Les techniques de stratification améliorent la qualité des restaurations dans la mesure où elles permettent de contrôler plus attentivement le retrait de polymérisation. Cette technique centripète transforme une Classe II en Classe I. Il est important que la première couche au contact de la matrice soit la plus fine possible. Pour de larges cavités, deux couches pourront être apposées l'une après l'autre de telle sorte que la première s'étende le long de la matrice de la partie cervicale au milieu de la cavité, alors que la seconde continuera à suivre la matrice du milieu de la cavité à son sommet. Pourvu qu'un champ opératoire sec ait été isolé et que l'hygiène du patient soit optimale, la matrice peut alors être à ce stade éliminée, ce qui améliore la vue d'ensemble et facilite la stratification de la restauration.

L'utilisation d'une première couche de composite fluide fait l'objet de débat. Elle permettrait d'assurer un recouvrement optimal des parois de la cavité et d'améliorer l'étanchéité des bords. En outre, cette couche agirait comme rupteur de forces. Lorsqu'une résine composite fluide est employée, il est essentiel d'en apposer une couche très fine. Quand cette couche est trop épaisse, elle accroît le risque de perte d'étanchéité marginale ; ceci tient au fait que les résines composites fluides subissent un retrait de polymérisation considérable.

La restauration de la face occlusale se fera en dernier, les couches centrales seront apposées en premier selon la technique du « composite-up ». Celle-ci consiste en l'apposition de petits incréments de composite par couches inférieures à 2 mm qui seront photo-polymérisées d'une façon particulière.

5. La photo-polymérisation (6, 72)

Il s'agit d'une polymérisation lumineuse, contrairement à la chimio-polymérisation qui est chimique. De plus, elle réduit l'élution des monomères du matériau. La photo-polymérisation fait intervenir des unités à quartz-tungstène-halogène ainsi que des unités à LED ou à plasma. Pour la résine composite, la photo-polymérisation doit atteindre une intensité minimale de 400mW/cm².

Il est nécessaire d'approcher le guide optique de la restauration afin d'assurer la qualité de la polymérisation, le port de verres de protection ou de placement d'un écran de protection est nécessaire pour un contrôle visuel sûr et correct.

La photo-polymérisation de la résine composite doit s'effectuer pendant 3 secondes entre chaque couche, dite « soft polymérisation », suivi d'une photo-polymérisation finale de 40 secondes. Rappelons néanmoins que chaque produit, selon son fabricant, peut proposer des variantes ; qu'il est important de suivre via la fiche d'utilisation fournie afin de respecter les propriétés du matériau.

Caractéristiques	Chimio-polymérisables	Photo-polymérisables
Activateurs	amines, para-toluène-sulfinique, thio-urée, acide ascorbique	photons
Amorceurs	peroxyde de BENZOYLE (peroxyde de cumène, tributylhydroperoxyde)	amine tertiaire (DMEAEMA) + photo-sensibilisateur (camphoroquinone (466 nm), mais aussi Lucirin TPO et Phényl Propanedione (pics d'absorption plus proches des ultras violets)
Maîtrise de la polymérisation	pas de maîtrise de la polymérisation initiale (mélange)	maîtrise de la polymérisation initiale avec une lampe à photo-polymériser
Type de polymérisation	polymérisation en masse	profondeur de polymérisation limitée donc faire différentes couches de 1 à 2 mm polymérisées chacune
Taux de conversion	taux de conversion incomplet et donc propriétés inférieures	taux de conversion amélioré (60 % atteint au bout de 20s) et donc propriétés supérieures
Direction de la rétraction	rétraction vers le centre de l'obturation	rétraction vers la source lumineuse

Tableau 6 : Les agents de polymérisation (72)

6. Polissage et finition (4, 26, 30, 46)

Les restaurations en composite doivent être finies et polies aussi convenablement que possible. Le polissage est véritablement une étape clé dans la réussite d'une restauration composite. Un polissage correct minimise la rétention et l'accumulation de plaque dentaire. Les restaurations insuffisamment polies peuvent générer un inconfort pour les patients, se décolorent plus rapidement et deviennent inesthétiques. Le fait que les résines composites soient composées d'éléments de dureté et de tailles inégales complique le polissage des surfaces. La matrice organique, moins résistante à l'abrasion que les charges, est parfois éliminée sélectivement par les polissoirs, tandis que les particules de charges peuvent être délogées de la matrice au cours du polissage.

Les reliefs occlusaux peuvent être correctement polis à l'aide de pointes montées, de cupules ou de brosettes. Ces instruments sont le plus souvent en silicone ou en caoutchouc contenant des abrasifs comme du carbure de silicone, de l'oxyde d'alumine ou des particules de diamant.

Les polissoirs sont fournis par les fabricants sous forme d'assortiments, chaque instrument différant par sa dureté et sa granulométrie. L'utilisation de systèmes en plusieurs étapes aboutit à des résultats plus fiables que les systèmes en une seule étape. Il faut respecter la chronologie d'utilisation, un polissoir à grain fin ou une brosette ne seraient pas appropriés pour éliminer les sillons et les plus fortes aspérités avant le polissage final.

Bien que la plus grande partie du polissage soit achevée dans les 5 premières secondes, selon le type de matériau de restauration et le système de polissage, un temps effectif de polissage de plus d'une minute peut-être nécessaire afin de parvenir à un état de surface optimal.

La pression exercée par le polissoir sur la surface est essentielle, la vitesse de tour et le refroidissement de la surface également. Les disques de polissage doivent être appliqués avec une faible pression, une vitesse de 10 000 à 30 000 rpm et ne nécessitent pas de refroidissement à l'eau. Il en sera de même pour des brossettes associées à de la pâte à polir. Les polissoirs en silicone, ou en caoutchouc, sont utilisés sous spray, la vitesse ne doit pas dépasser 20 000 à 30 000rpm, toujours avec une faible pression de contact. L'état de surface de la restauration est aussi lié à la production de chaleur, si celle-ci est excessive, le risque de libération et d'expulsion des charges par les polissoirs est augmenté.

La dépose du champ opératoire va permettre la vérification de la bonne intégration occlusale de la restauration. Le contrôle se fait grâce à du papier d'occlusion fin en demandant au patient de mastiquer sur le papier. Les contacts trop forts seront meulés et polis. Pour les restaurations de classe II, un fil dentaire passé entre les dents adjacentes et antagonistes permettra de valider la création d'un point de contact satisfaisant. Enfin, l'appréciation finale se fera par le patient et par son ressenti en bouche.

3.4 Les résines composites dentaires « Bulk Fill » (69, 84)

Pour le secteur postérieur, suite à une demande croissante des praticiens d'avoir à disposition une résine composite dentaire fiable, et qui s'intègre parfaitement dans le concept de « fast track », les « Bulk Fill » sont apparus sur le marché.

Dans la restauration directe, le « fast track » consiste en une restauration rapide, à la mise en œuvre simple. Le gain de temps obtenu par cette technique est à la fois un confort pour le patient, et un gain économique pour le dentiste.

Les résines composites dentaires « Bulk Fill » sont très rapidement mises en place, leur temps de prise avec une intensité lumineuse élevée (supérieure à 900 mw/cm²) est plus court que pour les résines composites classiques. Le premier incrément des « Bulk Fill » pour restaurer une dent peut avoir une épaisseur jusqu'à 4mm. On parle alors de placement « de masse ». Cette couche doit être recouverte ensuite par 2mm de résine composite (avec du méthacrylate pour base).

Ces résines dentaires composites apparaissent de plus en plus dans les cabinets dentaires notamment pour les propriétés suivantes :

- rapidité de mise en œuvre

- plus fréquemment utilisé avec un système de collage rapide : auto mordançant
- possibilité d'apport massif de matériau dans la cavité
- adaptation marginale satisfaisante
- résistance à l'abrasion correcte
- retrait de polymérisation faible

Les résines composites dentaires « Bulk Fill » ont aussi des particularités moins évidentes à gérer cliniquement pour le praticien. Ces matériaux sont généralement disponibles en une seule teinte. L'intérêt est un gain de temps, car le choix des nuances chromatiques est inexistant, mais le rendu esthétique est donc monochrome. Pour les faces vestibulo-mésiales des prémolaires, la gestion de l'esthétique peut s'avérer délicate. Sans compter un autre point sensible : la translucidité des « Bulk Fill ». Pour que l'intensité lumineuse reçue en profondeur soit suffisante malgré l'épaisseur du matériau, les « Bulk Fill » sont majoritairement translucides (il existe des différences entre fabricants). Le fait d'avoir une translucidité importante rend parfois leur intégration esthétique peu harmonieuse dans des zones découvertes lors du sourire. Le masquage étant réduit, cela est un désavantage à prendre en compte lors de dyscolorations dentaires foncées.

3.5 La technique semi directe (62,84)

Cette technique reste associée à la technique directe dans le sens où aucune empreinte (avec matériau à empreinte, optique) n'est nécessaire pour la réaliser. L'inlay en résine composite est élaboré directement en bouche sur la préparation et désinséré, puis polymérisé dans un four. Le principal avantage de cette technique est donc la réalisation d'un inlay en une séance avec des propriétés intrinsèques améliorées par la thermo-polymérisation. La mise en place d'un champ opératoire n'est pas optionnelle avec cette technique. Voici les cinq étapes qui constituent cette technique:

1. Préparation de la cavité

Les parois de la préparation doivent être sans contre-dépouilles, lisses et caractérisées par une divergence de plus de 18°. Cela nécessite invariablement de sacrifier de la substance dentaire occlusale saine.

2. Lubrification de la préparation

Une fois la préparation de l'inlay terminée, la dent et la cavité sont enduites d'un lubrifiant (Separator®, Coltène-Whaledent®), à l'aide d'un pinceau jetable. Le lubrifiant est compatible avec la résine composite hybride de restauration et permet la désinsertion de l'inlay après la photo-polymérisation intrabuccale.

3. Mise en place de la matrice et des coins

Une auto-matrice, préformée et transparente (ESPE®, CureThru Matrix®) est posée, les coins transparents sont glissés fermement dans les embrasures proximales pour créer une séparation des dents et ménager le contact entre l'inlay et la dent adjacente.

4. Insertion de la résine composite et photo-polymérisation

La technique décrite précédemment du « composite up » peut-être employée. On effectuera une photo-polymérisation comme décrite auparavant.

5. Désinsertion de l'inlay

Il existe plusieurs techniques pour retirer l'inlay de la cavité dentaire. L'utilisation d'un instrument à détartre placé dans l'embrasure proximale, en évitant le bord cervical, peut fonctionner. Une boucle de soie dentaire peut être incluse dans une petite quantité de résine composite plastique dans la fosse centrale de l'inlay et photo-polymérisée. Cette boucle permet de glisser un instrument et d'extraire l'inlay selon son axe d'insertion.

On comprend pourquoi les cavités avec trois faces ne sont idéales pour cette technique car le composite tend à se bloquer contre les parois durant la polymérisation, empêchant le retrait

6. Cuisson au four

Le lubrifiant séparateur est appliqué sur toutes les faces de l'inlay afin d'isoler la restauration de l'air et d'éviter que la couche externe inhibée par l'air ne soit pas polymérisée. Cette couche est très molle et doit être évitée chaque fois que cela est possible. L'inlay est photo-polymérisé pendant encore 40 secondes. Il doit alors être cuit dans le four. La thermo-polymérisation est réalisée dans un four à 110°C pendant sept minutes. L'association photo-et thermo-polymérisation permet une polymérisation complète qui entraîne une plus grande dureté et une meilleure résistance à l'abrasion de l'inlay. La rétraction de polymérisation qui peut induire la formation de hiatus marginaux est aussi réduite. La pièce est ensuite collée selon les mêmes principes de collage que dans la technique indirecte.

IV – La technique indirecte.

4.1 Indications et contre-indications (14)

4.1.1 Indications générales et individuelles

Indications générales par rapport aux restaurations directes et aux couronnes périphériques :

- restaurations des dents postérieures ayant des cavités de moyenne à grande étendue, surtout si le profil d'émergence, l'anatomie de la face occlusale, les contacts occlusaux et proximaux ne peuvent pas être reconstitués de façon satisfaisante par la technique directe.
- restauration de cuspide nécessaire (onlay).

Indications individuelles par rapport à des inlays en or ou en céramique :

- esthétique, anomalie congénitale.
- plus ou moins des parafonctions.
- espace prothétique faible.
- allergie aux métaux et électrolyse.
- dents antagonistes reconstituées par un matériau de moindre résistance à l'abrasion (alliages précieux, amalgames, composite).

4.1.2 Contre-indications générales et individuelles

Contre indications générales :

> Absolues

- petite perte de substance.
- bords se trouvant au niveau des points de contacts occlusaux.

> Relatives

- perte de substance moyenne, à pondérer selon qu'une restauration directe puisse restaurer les différents éléments anatomiques cités précédemment.

Contre indications individuelles :

> Absolues

- malpositions dentaires importantes.
- occlusion défavorable et parafonction importante.
- quantité et/ou qualité d'émail insuffisante(s).
- délabrement dentaire important et dents trop fines.
- polycaries.
- limites de préparations dans la dentine ou le cément sous-gingivales.

> Relatives

- dent dépulpée et/ou délabrée : on privilégiera l'endocouronne.
- hygiène bucco-dentaire insuffisante.
- pathologie parodontale et mobilités dentaires.

4.2 Avantages et inconvénients (9, 19, 69)

4.2.1 Avantages généraux et individuels

> Généraux

- préservation tissulaire : dentaire et pulpaire, d'autant plus que le patient est jeune par rapport aux couronnes périphériques, avec respect du gradient thérapeutique : restauration directe → restauration indirecte → couronne périphérique.
- qualité anatomique de la restauration (face occlusale, cuspidé, bombé vestibulaire) par rapport à une restauration faite directement.
- possibilité de restaurer de façon satisfaisante plusieurs dents sur un même quadrant par rapport aux restaurations directes.

> Individuels

- esthétiques : tous comme les inlays faits par méthodes directe, plusieurs paramètres jouant sur le rendu chromatique de la pièce prothétique vont être modulables.
- biocompatibles (pulpaire et parodontale).
- pas d'effets négatifs sur la dent antagoniste.
- résistance à l'abrasion proche de l'émail.
- moindre transfert des forces masticatoires :
 - ~ le module d'élasticité est inférieur à celui de la céramique. L'absorption des forces masticatoires transmises sera d'intensité inférieure sur les structures radiculaires et alvéolaires sous-jacentes. C'est un avantages pour des dents traitées endodontiquement ou ayant un support parodontal diminué.
 - ~ les propriétés viscoélastiques permettent moins de contraintes sur le joint de collage et dans la pièce prothétique.
- renforcement des structures résiduelles par le collage.
- améliorations mécanique et esthétique (laissent moins pénétrer la lumière que les céramiques).
- rétraction de prise limitée du matériau de collage : limite la contraction de polymérisation.

- restaurations multiples : meilleure maîtrise des points de contact et de l'anatomie occlusale que les restaurations directes.
- finition et polissage plus aisés que la céramique.
- possibilités de réparation et de ré-intervention.
- moins onéreux par rapport à la céramique et à l'or.

4.2.2 Inconvénients individuels

- nécessite plusieurs séances au fauteuil.
- vieillissement de la pièce prothétique avec des risques :
 - ~ de perte des contacts proximaux et de la morphologie occlusale
 - ~ d'altération de la teinte dans le temps (au niveau du joint de collage surtout)
- mauvais collage lié :
 - ~ à un composite qui a déjà été polymérisé et il ne reste plus suffisamment de chaînes libres lors de la polymérisation du collage final.
 - ~ un non respect du protocole par le praticien, ou un champ opératoire qui n'est optimal (présence de fluide gingival, de sang, lors de la pose).

4.3 La mise en œuvre traditionnelle

4.3.1 La préparation (13, 39)

Le maître mot de la préparation d'un inlay ou onlay par méthode indirecte reste également l'économie tissulaire. Les préparations destinées à recevoir une telle restauration peuvent résulter du remplacement d'une ancienne restauration, d'une atteinte carieuse ou d'une fracture. Avant de démarrer le praticien va prendre la teinte de la dent qui va recevoir la restauration, via un teintier manuel et/ou électronique et faire valider son choix au patient. L'anesthésie locale peut se faire avant le choix de teinte et avant le début de la préparation.



Figure 2: Préparation d'une molaire pour recevoir un onlay en résine dentaire composite (39)

Caractéristiques	Résine composite dentaire
Principes architecturaux	<ul style="list-style-type: none"> - espace homogène en épaisseur et largeur de 1,5 mm (2 mm au niveau de la poutre occlusale) - fond de cavité plat, pas d'angles vifs - comblement de toutes les irrégularités (angles...), surplombs et contre-dépouilles par un composite fluide - dépouille de 10° minimum - largeur : inférieure à la ½ de la distance intercuspidales (1,5 mm), sinon recouvrir la cuspide la plus faible pour prévenir sa fracture, isthme à 2 mm de large - angle entre la paroi latérale de la boîte proximale et de la surface proximale ≥ 60°
Forme de la limite périphérique	<ul style="list-style-type: none"> - congé large quart-de-rond ou à angle interne arrondi (facilité de lecture au labo, amélioration mimétisme marginale de la pièce en céramique, ↑ surface collage à l'émail) - éventuellement épaulement (finition droite) (raisons mécaniques, facilité de réalisation au labo, indiquée pour préparation des dents courtes) - le biseau périphérique n'est pas une obligation mais peut être utile pour assurer un bon collage
Situation des limites périphériques	- supra-gingivale , remontée de la limite au composite possible
Limite Occlusale	<ul style="list-style-type: none"> - pas de contacts occlusaux sur les limites de préparation - recouvrement des cuspides < 2mm d'épaisseur : cuspides guides enrobées et encerclées, cuspides d'appui à plat
Protection pulpaire	- elle peut être mise en place selon l'appréciation clinique du praticien, un ciment verre ionomère de moins de 1 mm d'épaisseur peut être mis au fond de la cavité.
Gestion de l'espace proximal	- inférieure à 2 mm sinon risque de fracture du matériau

Tableau 7 : Les principes de préparation d'une cavité en vue d'un inlay ou d'un onlay en résine composite dentaire (13)

4.3.2 L'empreinte (9)

L'empreinte globale se fait avec un silicone par addition, avec une technique double mélange en un seul temps. L'utilisation d'un élastomère polyéther par une technique monophasé est envisageable. A noter qu'une empreinte partielle, même avec un mordu, peut provoquer des déformations importantes et préjudiciables à la qualité de la prothèse.



Figure 3: Empreinte double mélange d'une préparation d'un onlay (39)

4.3.3 Temporisation (9, 39)

La temporisation des restaurations par technique indirecte est essentielle et doit être brève. Les résines provisoires conventionnelles peuvent être utilisées. En pratique certains praticiens vont se servir de résine souple photo-polymérisable. Les cavités qui présentent un faible volume peuvent être remplies par exemple avec un ciment provisoire non eugénolé. Ce dernier se retire assez aisément à la fraise et aux ultrasons. On peut aussi utiliser la technique d'auto-moulage pour fabriquer un inlay. Cette étape peut être faite sous champ opératoire.

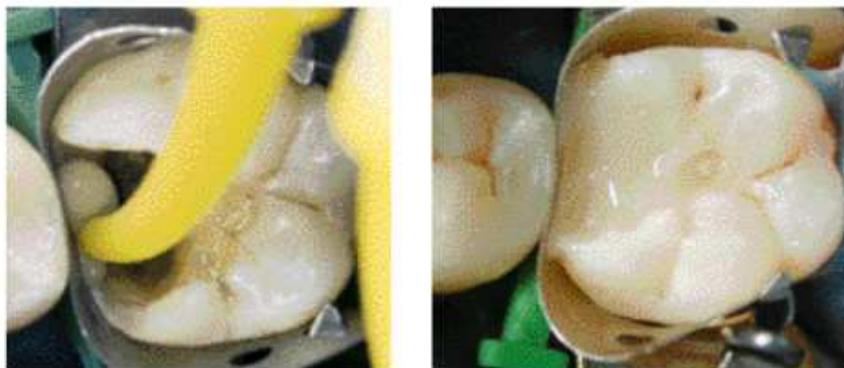


Figure 4: Temporisation d'une cavité d'onlay avec un ciment verre ionomère (39)

4.3.4 Etapes de laboratoire

1/ Modèle de travail (9, 12, 39, 61)

Les empreintes sont coulées en plâtre, après désinsertion, les modèles sont analysés et rectifiés si besoin. Deux modèles sont réalisés:

- un modèle de travail qui sera fractionné et sera celui qui permettra la création de l'inlay.
- un maître-modèle qui servira à considérer les contacts (occlusaux et proximaux) et le trajet d'insertion et de désinsertion de l'inlay.

Le modèle de travail, une fois sectionné, devient un Modèle Positif Unitaire (MPU), le fractionnement ne doit pas toucher les limites de la préparation.

Le mordu fait au cabinet va être ensuite taillé au bistouri par le prothésiste pour garder uniquement les indentations les moins profondes. Ce mordu est utilisé pour le montage en articulateur ou en occluseur. Avec une aide optique, les limites de la préparation sont marquées au crayon. Un espacement est créé par application de cire chaude dans le fond et sur les bords de la préparation. Cela représente l'espace indispensable au matériau de collage pour éviter les pressions excessives à l'intérieur de la cavité.

Un isolant classique est déposé sur le MPU. Ce film se doit d'être le plus fin possible étant donné qu'une couche de cire chaude a déjà été appliquée.



Figure 5: MPU d'une préparation onlay avant et après la pose de l'isolant (39)

2/ Élaboration de l'inlay et pré-polymérisation (39, 50, 59, 77, 80)

Le but de cette étape est de reproduire l'anatomie de la dent naturelle en utilisant des masses composites. Pour ce faire, la technique de stratification anatomique de Vanini en 1996 est utilisée. Dans un premier temps la réalisation de l'émail inter-proximal est effectuée. Cela permet de passer d'une restauration complexe à une restauration simple.

C'est ensuite la masse centrale de dentine qui est posée, pour terminer par la face occlusale en masse émail.

Au niveau postérieur, la restauration est ordinairement assise dans l'environnement dentinaire, le fond noir de la cavité buccale impacte moins le rendu esthétique qu'en antérieur. La stratification en postérieure s'occupera donc peu des masses dentine mais donnera de l'importance aux masses émail. Cela va permettre d'obtenir une bonne luminosité et une translucidité convenable, garantes d'un bon mimétisme avec les structures subsistantes.

Le prothésiste commence par la crête marginale en utilisant la masse dentine choisie. Il va ensuite recréer le corps dentinaire de la restauration. Pour donner de la chaleur à celle-ci, le fond de la cavité est souvent recouvert de masses de résine composite dentaire de saturation élevée. C'est un apport successif par couches, chaque couche étant photo-polymérisée de 10 à 20 secondes afin de la rendre stable.

La macrogéographie de la dent est faite brièvement, le but étant à cette étape de libérer de l'espace pour la couche de masse émail et sa spécification. Les crêtes proximales sont montées grâce à des masses opalescentes bleutés (Inter incisal white-blue®). Elles sont ensuite couvertes par des masses translucides, cela permet de visualiser encore mieux les différents effets. Les colorants, par exemples fluides, peuvent aussi être utilisés à cette étape.

La stratification continue avec des apports progressifs qui vont permettre d'obtenir les premiers versants de cuspides. Les masses transparentes sont préférentiellement utilisées en bordure de préparation afin d'obtenir le meilleur mimétisme possible.

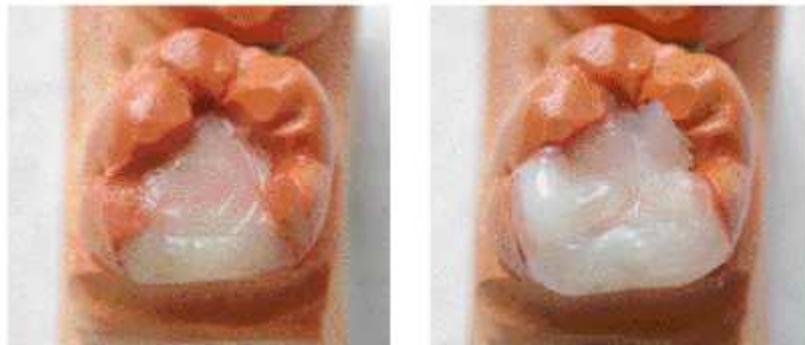


Figure 6: Reconstitution de la face proximale puis du fond de cavité, pour terminer avec la crête marginale et la face occlusale (39)

En faisant comme dans la technique du « *composite up* », le prothésiste construit les cuspides et les sillons. Il termine par les particularités externes de l'inlay ou de l'onlay, sans oublier un polissage minutieux de l'ensemble.



Figure 7: Caractéristiques externes et polissage d'un onlay en résine dentaire composite (39)

La restauration est analysée et ajustée au niveau de l'insertion, désinsertion sur le maître modèle (pointe tungstène ou diamant). L'occlusion est également examinée et retouchée si besoin. Le prothésiste va également s'assurer que le point de contact correspond bien à une surface de contact. Les embrasures inter-dentaires doivent être réduites pour limiter une rétention du bol alimentaire.

4.3.5 Essayage clinique

1/ Dépose de la restauration provisoire (39)

Le praticien fait une anesthésie de la dent qui va recevoir l'inlay. L'inlay provisoire est déposé, la cavité est nettoyée avec un appareil ultrasonique. Celui-ci permet de supprimer les résidus de ciment et de résine.

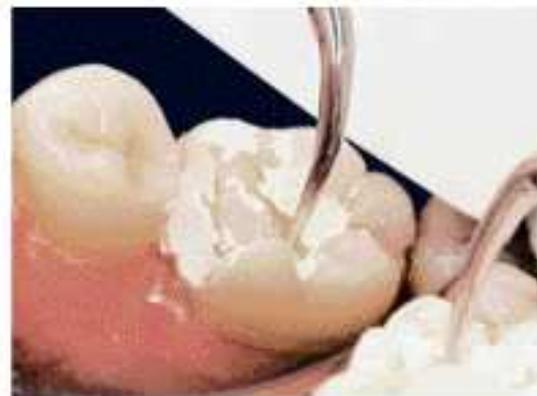


Figure 8: Passage d'un insert ultrasonique pour nettoyer la cavité (39)

2/ Essayage et ajustage de l'inlay (39)

L'inlay est contrôlé d'abord sur les modèles en plâtre dits de repositionnement. Le chirurgien dentiste doit vérifier (39) :

- la morphologie globale.
- l'adaptation marginale et les bords proximaux.
- le trajet d'insertion et la désinsertion.
- la situation des contacts proximaux.
- l'emplacement et l'intensité des contacts occlusaux statiques et dynamiques (quand les modèles sont montés en articulateur).
- l'état de surface de l'incrustation prothétique : se doit d'être dépourvu de toute porosité ou de bulles au sein du matériau, un polissage et brillantage soignés doivent apparaître au retour du laboratoire.
- l'aspect esthétique de l'inlay.

Une fois que le praticien a fait la vérification de tous ces points, l'inlay est mis dans la cavité. Le chirurgien dentiste doit faire attention à plusieurs détails (39) :

- une insertion complète, accompagnée d'un léger flottement de l'inlay dans la cavité.
- l'emplacement de la surface de contact, ainsi que l'intensité de celle-ci sont vérifiés à l'aide de papier d'occlusion. Ce contact peut être matérialisé via une languette de papier d'occlusion. L'ajustement se fera grâce à un disque (grains de taille moyenne).
- l'adaptation aux limites, vérifier l'absence de hiatus, de sur-contours.
- les excès et les surplombs sont éliminés.
- la teinte doit être en harmonie avec la dent support de la pièce prothétique, ainsi que des dents adjacentes et antagonistes. Le polymère qui va servir au collage est essentiel dans le rendu esthétique final. Sa couleur joue sur la teinte globale de l'inlay. On choisit ce polymère avant de poser la digue et de mordancer. Pour s'aider le chirurgien dentiste a à sa disposition des pâtes d'essais hydrosolubles (Trying In Paste®). Elles préfigurent la teinte finale de l'inlay.

3/ Pose du champ opératoire individuel (39)

La pose de la digue, uniquement autour de la dent qui doit recevoir l'inlay, a pour but notamment d'éviter que le composite de collage ne fusa dans des recoins proximaux. L'ajout d'une ligature à l'ensemble améliore l'isolation. Enfin il arrive qu'une remontée de marche soit nécessaire pour obtenir l'étanchéité du système.

4/ Procédures de collage (39)

Le prothésiste a travaillé l'intrados de l'inlay ou de l'onlay. C'est-à-dire qu'il a effectué un micro sablage et a appliqué de l'acide fluorhydrique. L'intrados est ensuite nettoyé avec une solution à base d'alcool, pour enfin être séché minutieusement. La dernière étape est l'application d'un silane. C'est un liquide mono-composant, une fois qu'il sera sec, le prothésiste applique une résine dite de liaison. Elle est simplement séchée, et la pièce prothétique est mise à l'abri de la lumière.



Figure 9: Application de silane (à gauche) suivi d'une application de couche de liaison (39)

5/ Préparation de la dent (5, 39, 59)

Il faut éliminer au maximum les restes de ciment provisoire, les agents contaminants... C'est le collage final de l'inlay qui en dépend. Un nettoyage rigoureux; à l'aide d'appareil à ultrasons et d'un spray abrasif (type micro-sablage), permet l'obtention d'un état de surface suffisamment net.



Figure 10: Microsablage puis vérification que la surface dentaire est intégralement nettoyée (39)

On applique ensuite les mêmes procédures de collage pour le système adhésif :

- mordantage à l'acide phosphorique à 30 % pendant 10 secondes, puis rinçage,
- désinfection et humidification,
- application du primer sur une dentine humide puis séchage,
- application de l'adhésif puis séchage.

L'adhésif utilisé est dépendant de la résine de collage utilisée. C'est-à-dire que le collage de l'inlay se fait soit (39) :

- avec une résine de collage photo-polymérisable.
- avec une résine de collage dual (chémo et photo-polymérisable).

Si le collage de l'inlay se fait avec une résine que l'on photo-polymérise, alors l'adhésif choisi doit être aussi photo-polymérisable. Cet adhésif est déposé sur la préparation où il est photo-polymérisé. Ce même adhésif est appliqué sur l'intrados de l'inlay ou de l'inlay et n'est pas photo-polymérisé.

La résine composite de collage ne sera entièrement polymérisée par une source lumineuse que si la résine composite dentaire de la restauration est d'une épaisseur inférieure à 2mm,

selon la teinte et la translucidité. Cette configuration n'étant pas toujours facile à obtenir en clinique, le choix d'un matériau dual est avisé pour le collage. L'utilisation d'un adhésif chémo-polymérisable implique également de le déposer à la fois sur la préparation et sur l'intrados de l'inlay ou de l'onlay. La polymérisation se fera au contact de la résine de collage.

6/ Préparation de la résine de collage (39)

Les résines composites dentaires de collage sont nombreuses (Variolink Ultra® par exemple). On privilégie les résines type dual. Leur manipulation est aisée, le temps de travail est augmenté et la polymérisation est la plus complète possible notamment dans les zones profondes. La résine type dual est constituée d'un catalyseur et d'une base, et se présente sous la forme de deux pâtes. Il existe différentes teintes possibles à utiliser. Le retrait des excès se fait facilement car cette résine de collage a une viscosité élevée.

Le chirurgien dentiste place en proximal un fil de soie, cela permettra l'élimination des excédents de la résine de collage avant la dernière polymérisation. La résine composite dentaire de collage est mélangée et mise dans la cavité. Enfin l'inlay ou l'onlay est inséré délicatement.



Figure 11: Passage d'un fil de soie qui est ensuite positionné dans l'embrasure proximale (39)

7/ Mise en place de la restauration et élimination des excès (14, 39, 41, 56)

L'inlay ou l'onlay doit être mis en place immédiatement après que la résine dentaire composite de collage a été appliquée. En effet la température en bouche va considérablement accélérer le procédé de polymérisation. L'inlay peut être placé à l'aide d'un stick autocollant qui permet de déplacer la pièce prothétique par l'extrados. Le pinceau se décolle tout seul quand le chirurgien dentiste exerce une petite pression pour le désunir

de l'inlay. Certains praticiens vont préférer utiliser un pinceau qui sera relié à l'extrados par de l'adhésif.

Les ultrasons ont une énergie qui réduit momentanément la viscosité de la résine dentaire de collage. Les systèmes ultrasoniques avec un insert en composite doivent être utilisés par légères touches, une fois l'inlay mis en place. La pièce prothétique est ainsi correctement insérée et les excès de matériau de collage s'éliminent plus facilement. Ainsi en évitant que ces excès ne coulent de trop et en garantissant « un temps de travail sur mesure » (XX), ces systèmes à ultrasons sont très utiles à cette étape.



Figure 12: Exemple d'un système ultrasonique avec un insert en composite (39)

Le chirurgien dentiste maintient la pression sur la pièce prothétique. Il vérifie en même temps l'insertion complète de l'inlay. Avant que la polymérisation de la résine de collage ne soit complète, le praticien passe une sonde pour enlever les excès de colle. Le fil de soie est dégagé avec des mouvements tangentiels (39) et minutieux. Au niveau proximo-cervical il faut vérifier la parfaite élimination des excédents de collage.

Une fois que les excès en question sont supprimés, une photo-polymérisation doit se faire sur toutes les faces de la restauration, pendant 60 secondes. Il y a donc une photo-polymérisation de la résine (dual), la polymérisation continuera chimiquement.

Un gel de glycérine est appliqué en surface lors de l'ultime exposition à la lumière, cela améliore le durcissement de la résine. En effet l'oxygène perturbe ce durcissement en surface. Cela conduit à une couche d'inhibition, qui se délabre assez vite. Les conséquences sur l'adaptation du joint marginal ne sont pas insignifiantes.

Une fois que la pièce prothétique est collée, la digue peut être enlevée.

8/ Étapes de finition (14, 39)

Les objectifs de la finition et du polissage sont (39):

- une continuité irréprochable entre l'organe dentaire et la pièce prothétique (au niveau occlusal et proximal).
- l'uniformisation des surfaces irrégulières par un aplanissement des débords prothétiques.

- la suppression des excès au niveau marginal s'il en reste.

Pour se faire, le chirurgien dentiste doit absolument utiliser des méthodes qui ne sont pas destructives. En effet il faut préserver la qualité de l'inlay ou de l'onlay, voir l'améliorer.

Les bords de la pièce prothétique et les zones qui ne sont pas régulières sont polis avec des fraises diamantées à grains fins (bague rouge) puis très fins (bague jaune). En proximal si les zones sont accessibles on peut utiliser des disques souples. En cervical de l'inlay ou de l'onlay, les strips abrasifs (plastique) sont passés.



Figure 13: Différents système de polissage d'un inlay en résine dentaire composite (à gauche : fraise grains fins ; au centre : disque à polir ; à droite : strip abrasif) (39)

La littérature pour l'utilisation de l'air abrasion recommande des particules d'alumines de 50µm. L'occlusion doit être vérifiée, que se soit en statique et en dynamique. Les fraises olives (diamant) peuvent être utilisées en occlusal. Enfin la restauration a le droit a un brillantage, puis sera lustrée au grâce à des cupules en silicone. Cette étape se fait sous eau. Il existe des pâtes à polir spéciale avec des grains extrêmement fins (type Enamel Shiny® A et B).



Figure 14: Lustrage d'un inlay en résine composite dentaire avec une cupule montée sur contre-angle (39)

La restauration est ainsi terminée, elle respecte son environnement biologique, elle est adaptée au niveau fonctionnel, et s'inscrit harmonieusement dans l'arcade dentaire du patient.

4.4 La conception et fabrication assistée par ordinateur (CFAO) (20,53, 54, 55)

Cette technique est considérée comme indirecte car elle fait appel à une empreinte même si celle-ci est optique. D'ailleurs au sein de cette technique indirecte si l'empreinte optique se fait en bouche on parle de CFAO directe. La technique de CFAO indirecte, à proprement parlé, correspond à celle où le prothésiste va scanner les modèles, qu'il aura coulé depuis les empreintes faites par le praticien.

De façon synthétique, on peut considérer que la technique de CFAO nécessite trois grandes étapes:

- la numérisation de l'arcade dentaire ou du modèle de cette arcade;
- la modélisation informatique de la prothèse grâce à un logiciel de traitement des données;
- la fabrication de la prothèse par usinage, prototypage ou fusion laser.

Avec l'essor de la CFAO, les indications des composites vont désormais jusqu'à un matériau usinable sous forme de bloc composite, qui permet de fabriquer des éléments prothétiques indirectes, par exemple inlay, onlay et couronne (48).

Comparés aux blocs composites, les blocs céramiques ont des propriétés mécaniques supérieures, ils sont davantage biocompatibles grâce à leur inertie chimique. Pour autant, les céramiques sont plus complexes à usiner, des bords trop fins peuvent fracturer lors de l'usinage. En outre, la ré-intervention est délicate s'il y a un éclat.

Les blocs de résines composites dentaires sont moins résistants mécaniquement ainsi qu'à l'abrasion. Leur biocompatibilité est moindre du fait du relargage de monomères résiduels lorsque la polymérisation est incomplète. Toutefois ils sont plus facilement usinables (moindre usure des fraises et diminution du temps d'usinage) et polissables. La ré-intervention sur de la résine composite dentaire est plus aisée.

Pour accroître les propriétés mécaniques des composites de nouveaux procédés de fabrications ont été mis au point récemment. La polymérisation est thermique sous haute pression ce qui augmente le taux de conversion des monomères et par conséquent la biocompatibilité. En reprenant l'idée des céramiques infiltrées, les propriétés des blocs composites ont pu aller au delà des limites infligées par les techniques de malaxage habituellement utilisées pour leur mise en forme.

Les dernières innovation en termes de CFAO et de matériau composite pour la réalisation d'inlays et d'onlays seront exposées dans le dernier chapitre, mais ne modifient en rien les indications dans le choix de la technique directe ou de la technique indirecte.

CRITÈRES DE CHOIX		Technique directe	Technique indirecte
Volume de la perte de substance	Faible à Moyen (SiSta 1/1, 1/2, 2/1, 2/2)		
	Moyen à Important (SiSta 2/2, 1/3, 2/3)		
	Sista 1/4 ou 2/4		
Valeur des structures anatomiques résiduelles	Perte d'une cuspside		
Nombre de restauration sur l'arcade	Unitaire		
	Multiple		
Situation de la dent sur l'arcade	Difficulté d'accès		
Expérience du praticien : gestion de l'anatomie occlusale et proximale	Bonne		
	Moyenne		
Esthétique	Visibilité de la reconstitution, demande spécifique du patient		
Age du patient	Jeune		
	Âgé		
Capacité financière	Faible		Comparé à la céramique ou l'or.
Éducation à l'hygiène bucco dentaire	Bonne (contrôle de plaque satisfaisant, patient motivé)		
	A revoir (plaque, tartre, cariosusceptibilité importante, aucune motivation)		
Limite cervicale	Infra gingivale		
Constituants dentaires en cervical	Email		
	Dentine uniquement		
Allergies à un constituant			
Matériau sur la ou les dent(s) antagoniste(s)	Composite		
	Céramique, alliage précieux et non précieux		
Parafonctions	Bruxisme		
Espace prothétique	Faible		

Critères de choix :

Favorables

Défavorables

Prendre en compte les autres critères de choix

Tableau 8 : Récapitulatif des critères de choix entre techniques directe et indirecte pour les inlays onlays en résine composite dentaire (14, 40, 69)

V - Technique directe versus technique indirecte.

5.1 Systematic review and meta analysis (juillet 2016) (1, 8, 17, 27, 28, 64)

5.1.1 Présentation de l'étude - Comment se fait une méta analyse (1, 8, 17, 27, 28, 64)

Dans le « Journal of Dentistry », un article est paru en juillet 2016, intitulé comme suit : « Direct versus indirect inlay/onlay composite restorations in posterior teeth. A systematic review and meta-analysis ». Les auteurs sont Flora Angeletaki, Andreas Gkogkos, Efstratios Papazoglou, Dimitrios Kloukos.

Leur but est d'évaluer des performances cliniques à long terme (au moins trois ans) d'inlay et d'onlays en composite sur dents postérieures en se basant uniquement sur des essais cliniques randomisés, ce qui par la suite pourra peut-être aider à comprendre les principaux facteurs qui influence le risque d'échec.

Les critères de sélections sont les suivants :

- Patients sans facteur âge-dépendant avec des inlays ou onlays en composite reçus de façon directe ou indirecte.
- Indépendamment de la résine et du type de collage utilisés.
- Seules les molaires et les prémolaires sont prises en compte.
- Doit apparaître dans l'étude le taux d'échec (défini comme une restauration qui a besoin d'être remplacée ou restaurée) et le risque ratio des caries secondaires, de la sensibilité post opératoire, et de la décoloration marginale, entre les inlays et onlays faits par méthode directe et indirecte.
- Au moins trois ans de recul clinique était exigé.

Les deux critères d'exclusion sont les essais sur animaux, et les études *in vitro*.

La stratégie de recherche pour identifier les études correspondantes à ces critères est la suivante. Les bases de données électroniques MEDLINE, EMBASE, the Cochrane Oral Health Group's Trials Registrar et CENTRAL ont été utilisées, ainsi que pour la littérature non publiée ClinicalTrials.gov, the National Research Registrar, and Pro-Quest Dissertation Abstracts and Thesis database.

Seuls les deux premiers auteurs cités sont réquisitionnés pour sélectionner de façon indépendante les études et effectuer une recherche des données essentielles à l'analyse. Un format unique a été imposé afin de mettre en évidence les informations suivantes :

- Auteur / Titre / Durée de l'étude
- Design de l'étude
- Nombre / Age / Sexe des patients recrutés
- Type de restauration, technique directe ou indirectes
- Numéro de dents
- Composite utilisé
- Système de collage utilisé
- Période d'observation
- Méthode d'évaluation des résultats
- Taux d'échec des inlays/onlays par méthode directe et indirecte

Dans tous les cas, l'unité d'analyse est la dent restaurée (nombre de dents traitées). Les auteurs des études ont été contactés pour toute demande d'information manquante. S'ils ne répondaient pas, seules les données disponibles sont reportées et analysées.

L'outil d'analyse concernant la qualité de la méthodologie des différents essais randomisés est « the Cochrane risk of bias tool ». Le risque de biais est évalué et jugé sur sept domaines distincts, on retrouve par exemple comme questionnaire:

- La répartition des patients est-elle dissimulée?
- Les résultats incomplets ont-ils été convenablement abordés?
- Est ce que les résultats rapportés sont-ils libres de toute suggestion? Sont-ils sélectionnés par rapport à d'autres?
- Est ce que l'étude est libre d'autres problèmes qui seraient de l'ordre d'un haut risque de biais?

Finalement les études sont classées selon trois catégories :

1 / Faible niveau de risque si tous les domaines de l'étude répondent à un faible risque.

2/ Niveau de risque incertain si un ou plus des domaines clés étaient peu clairs

3/ Haut niveau de risque si un ou plus des domaines répondent à un haut niveau de risque.

Ainsi sur 42 études sélectionnées, seulement 3 études qui sont des essais randomisés contrôlés, ont été retenues. Deux concernent les inlays en composite, une concerne les onlays, par méthode directe versus méthode indirecte. Les caractéristiques des études incluses sont répertoriées dans le tableau 1 (annexe). Celle sur les onlays et une sur les inlays ont été classées dans la deuxième catégorie de risques de biais, et l'autre sur les inlays dans la troisième catégorie.

Les deux études sur les inlays sont :

(1) U. Pallesen, V. Qvist.

Composite resin fillings and inlays : an 11-year evaluation.

Clin. Oral Investig. 7 (2003) 71 – 79.

(2) A.R. Cetin, N. Unlu, N. Cobanoglu.

A five-year clinical evaluation of direct nanofilled and indirect composite resin restorations in posterior teeth,

Oper Dent. 38 (2013) 1 – 11.

L'étude sur les onlays est :

(3) W.M. Fennis, R.H. Kuijs, F.J. Roeters, N.H. Creugers, C.M. Kreulen.

Randomized control trial of composite cuspal restorations : five-year results.

J. Dent.Res. 93 (2014) 36-41.

Concernant les deux études sur les inlays, la durée de celles-ci a été de cinq ans pour l'une, avec un contrôle à 1 an et 5 ans, et onze ans pour l'autre, avec des bilans à 2, 5, 8 et 11 ans. Chacune a inclus pour ses résultats les critères modifiés de United States Public Health (USPHS). Il permet une standardisation dans les évaluations des différents essais. Les deux études se sont intéressées à des critères communs tels que les changements de couleurs des inlays, la sensibilité post opératoire ou encore les caries secondaires. Mais l'une s'est aussi penchée sur la forme anatomique, l'adaptation marginale, tandis que l'autre a évalué l'adaptation gingivale et l'état de surface.

Pour l'étude sur les onlays, qui est la seule à présenter une procédure de randomisation adéquate, la durée a été différente entre les deux groupes : 5,6 ans pour les onlays par technique directe, et 6 ans pour ceux faits par technique indirecte.

Cette méta analyse a recherché, à travers sa méthodologie, à acquérir un haut niveau de preuve pour répondre à sa problématique de départ, seulement elle n'est pas dépourvue de limites.

5.1.2 Les limites de l'étude (1)

Tout d'abord seulement trois études ont finalement été sélectionnées. Il n'y a que deux études sur les inlays et une seule sur les onlays. **Aucune n'entre dans la première catégorie de risque de biais.**

Les deux études sur les inlays posent notamment des problèmes en termes de **randomisation**:

- L'une présente un déséquilibre entre les groupes (nombre de femme par rapport aux hommes : 20 pour 8, nombres d'inlays directs face aux indirects : 56 pour 84); et surtout les méthodes de restriction à ont une description très pauvre.
- L'autre reconnaît que la randomisation s'est faite après décision des auteurs.

La taille des échantillons inclus peut être considérée comme faible :

- 157 patients avec 176 onlays (les deux techniques incluses)
- 82 patients avec 248 inlays (les deux techniques incluses)

Les problèmes de méthodologie entre les deux études sur les inlays sont nombreux :

- Une hétérogénéité modérée est observée entre la taille des cavités.
- Le type de dent est différent : dans l'une des études seules les molaires furent prises en compte.
- Le temps d'observation est différent entre les deux études : 5ans versus 11 ans.
- Le mode d'évaluation n'est pas spécifiquement précisé pour chaque étude (examineur, double aveugle...)

Certains paramètres à évaluer peuvent être considérés comme subjectifs et introduire inévitablement des biais dans l'évaluation, notamment sur la décoloration marginale.

Il est important de s'assurer que les patients participant aux études soient représentatifs de la population générale bénéficiant d'inlay et d'onlay en composite, mais rien que pour l'étude (1) sur les inlays :

- la sélection des patients s'est faite en s'assurant qu'ils avaient une bonne compliance
- les patients ont été soignés dans « les meilleures conditions » et par « d'excellents cliniciens ».

Les auteurs reconnaissent eux mêmes que les critères d'inclusions ont pu conduire à un écart entre les échantillons de patients et la population cible.

Cette méta-analyse révèle également l'absence importante d'essais randomisés contrôlés avec une longue durée d'étude. Ici le temps d'observation minimum est de 3 ans, mais les auteurs reconnaissent que dans l'intérêt des patients pour ces types de restaurations (inlays, onlays) un nombre important d'années de suivi doit être associé aux études.

Enfin, les résines composites dentaires et systèmes de collage utilisés dans chaque étude sont différents les uns des autres :

- La première étude sur les inlays (1) a utilisé pour les directs Brilliant Dentin® (BD) et Estilux Posterior® (EP), et pour les indirects en plus des deux cités SR-Isosit® (ISO).
- La deuxième étude sur les inlays (2) a sélectionné trois composites nanochargés pour les directs, Filtek Supreme XT® (FS) de 3 M ESPE, Tetric EvoCeram® de Ivoclar

Vivadent et AELITE Aesthetic® (AA) de Bisico ; et pour les indirects Estenia® (E) de Kuraray et Tescera ATL® (TATL) de Bisico.

- Dans l'unique étude sur les onlays (3), pour les directs une résine composite hybride avec 70% en volume et 86% en poids, AP-X® de Kuraray, et pour les indirects (82% en volume et 92% en poids) Estenia® de Kuraray.

5.2 Comparaison des paramètres de l'étude (1)

5.2.1 Echec

Les auteurs ont défini comme un échec toute restauration ayant besoin d'être réparée ou remplacée. En accord avec l'étude de Raskin et al., où en dix ans d'évaluation de restaurations postérieures en composite, aucune différence significative n'a été montrée entre les deux méthodes d'isolation suivantes : rouleaux de coton et digue ; les auteurs n'ont pas trouvé d'influence dans l'échec de la reconstitution.

Pour les inlays :

Aucune différence significative n'a été observée dans le risque d'échec entre les inlays directs versus les indirects après cinq ans de mise en fonction :

- Risque Ratio : 1.54
- Intervalle de confiance 95% : 0.42 , 5.58
- $p = 0.52$

Voir **Annexe 1.**

Pour autant, le nombre d'échec a légèrement tendance à être plus élevé pour les indirects à 5 ans. Puis quand le temps d'observation arrive à 11 ans, bien qu'aucune différence significative ne soit observée, les échecs semblent davantage associés aux directs.

Le degré d'hétérogénéité entre les études est globalement bas : $I^2 = 0\%$ et $Chi^2 = 0.09$.

Pour les onlays :

Aucune différence significative n'a été démontrée entre les onlays directs et les indirects après cinq ans :

- Échec réparable > Indice de confiance 95% = -5.1 / -18.5% et $p = 0.15$
- Echec complet > Indice de confiance 95% = -3.6% / 19.6% et $p = 0.15$

Pour les inlays et les onlays :

La raison d'échec qui prédomine pour les restaurations directes est la fracture et la fêlure de la restauration. Pour les éléments indirects on retrouve en premier lieu le décollement associé à une fracture.

Voir Annexe 1.

Pour autant, après cinq ans, le taux de survie était supérieur pour les onlays direct versus indirects, pour les restaurations réparables : 89.9% vs 83.2% et pour les restaurations à refaire entièrement : 91.2 vs 83.

5.2.2 Carie secondaire

Une carie secondaire est une lésion carieuse apparue après la pose de la restauration sur un tissu considéré comme sain. Dans cette revue, il s'agit du **principal risque** d'échec.

Pour les inlays :

Aucune différence significative n'a été démontrée dans l'apparition de caries secondaires entre les inlays directs et les indirects :

- Risque Ratio : 0.93
- Intervalle de confiance 95% : 0.21 , 4.04
- $p = 0.92$

Dans la première étude (1), on trouve deux inlays directs qui ont souffert de carie secondaire (4%) à 5 et 9,2 ans ; et quatre inlays indirects (6%) à 6,5 ans et 8,8 ans.

Pour autant, dans la deuxième étude (2), seulement un inlay direct a nécessité un remplacement après 3 ans. Cette faible incidence a tenté d'être expliquée par les auteurs. Il s'avère que dans cette étude, il y a une utilisation d'une nouvelle génération d'agents de collage en combinaison avec des restaurations dont les bords externes sont uniquement en amélaire.

Pour les onlays :

Seulement un onlay indirect a présenté une carie secondaire.

5.2.3 Sensibilité post opératoire

La sensibilité post-opératoire est définie comme une réaction nerveuse de l'organe dentaire en réponse à un acte technique effectué sur lui par un praticien.

Pour les inlays :

Aucune différence significative n'a été montrée entre les inlays directs et indirects :

- Risque ratio : 0.60
- Intervalle de confiance 95% : 0.19 , 1.90
- $p = 0,38$

Pour autant, les auteurs mettent en évidence le fait que les résultats pour une sensibilité post-opératoire ont tendance à être un peu plus élevé pour les inlays indirects :

- pour l'étude (2) : 3 indirects versus 1 direct, et l'unique restauration qui a eu besoin d'un traitement canalaire et d'un remplacement après deux ans de mise en fonction est un inlay indirect.
- pour l'étude (1) : 10 % d'inlays indirects contre 7% des directs.

Pour les onlays :

Seulement, un onlay direct a dû être refait suite à une sensibilité post opératoire. Moins volumineux que les inlays, les onlays peuvent être davantage à distance de la pulpe dentaire et donc limiter les réactions post-opératoires.

5.2.4 Harmonie de teinte et décoloration marginale

L'harmonie de teinte se caractérise par une similarité de couleur entre la restauration artificielle et l'organe dentaire naturel. La décoloration marginale correspond à un changement de teinte observé au niveau du joint entre l'inlay ou l'onlay et les bords de la cavité dentaire.

Pour les inlays :

Aucune différence significative n'a été observée pour la ressemblance de teinte :

- Risque ratio : 0.62
- Intervalle de confiance 95 % : 0.26, 1.47
- $p = 0.4$

Deux différences significatives ont été montrées au niveau de la décoloration marginale :

1/ Pour l'étude (1), ce changement de teinte était de 50 % pour les inlays indirects, et de 26 % pour les inlays directs. La raison majeure de ce phénomène pour les indirects est la perte de ciment lors de la pause. Les études (1) et (2) montrent statistiquement que **les inlays directs sont moins sujets à ce phénomène que les inlays indirects :**

- Risque ratio : 0.41

- Intervalle de confiance 95 % : 0.17, 0.96

- $p = 0.04$

2 / Dans l'étude (2), il y a une différence significative entre **deux matériaux de résine composite pour des inlays en méthode directe :**

- AA 64 % (AELITE® Bisco) versus TEC 95 % (Tetric Evo Ceram®)

Les auteurs mettent également en avant le fait que les matériaux ISO (SR-Iso-sit®) de Ivoclar, sont ceux qui pour les inlays indirects présentent la plus grande fréquence de décoloration : 67 %.

Pour les onlays :

Aucune information n'a été reportée concernant ces paramètres.

L'annexe 2 est une fiche de conseils pour prévenir l'apparition de cette décoloration.

COMPARAISON	INLAYS		ONLAYS	
	Directs	Indirects	Directs	Indirects
Echec	 $p = 0.52$ Tendance : à 11ans les directs semblent présenter moins d'échec.		 $p = 0.15$ Tendance : à 5ans les directs ont un taux de survie plus important.	
Carie secondaire	 $p = 0.92$ Recherche : nouvel agent de collage et limites marginales uniquement en émail.			
Sensibilité post opératoire	 $p = 0.38$ Tendance : les indirects ont un score plus élevé que les directs.		 Tendance : phénomène rare chez les onlays qu'ils soient directs ou indirectes.	
Ressemblance de teinte	 $p = 0.4$			
Décoloration marginale	 Entre les directs il existe des différences selon le matériau utilisé.	 $p = 0.04$ Les indirects sont plus touchés que les directs. Tendance : phénomène marqué avec matériel ISO.		



Différence significative



Aucune différence significative

Tableau 9 : Récapitulatif de la comparaison des paramètres de la méta-analyse(1)

5.3 Comparaison d'autres paramètres absents de l'étude

5.3.1 Usure (18, 34, 35, 47, 58)

L'usure des surfaces désigne le phénomène de dégradation des couches superficielles d'un solide sous l'action mécanique du milieu extérieur. Cette dégradation est souvent associée aux phénomènes chimiques dus à la corrosion, elle peut prendre la forme d'une perte de masse, de cote, de forme, ou encore d'une modification de la structure. L'étude des phénomènes d'usure est un des domaines de la tribologie. Cette dernière définit plutôt l'usure comme une des conséquences du frottement. Elle correspond à une perte d'usage par suite de déformations plastiques, de fracturations, ou d'un enlèvement de matière, d'un ou des corps en glissement.

Les causes possibles de l'usure sont extrêmement variées ; les différents types de phénomènes pouvant intervenir, séparément ou simultanément, appartiennent à deux groupes de facteurs :

- effets du contact proprement dit : interactions mécaniques, chimiques, métallurgiques, entre les deux corps en présence ;

- effets de l'environnement :

- actions physico-chimiques dues à la composition du milieu,
- actions mécaniques induites par la nature, la propreté de ce milieu.

Pour ce qui est des **inlays-onlays en résine composite dentaire**, l'usure peut-être visualisée en quatre sous catégories, elle peut être liée à :

1 / L'adhésion : Le mécanisme d'adhésion est une usure par transfert de matière d'une surface sur l'autre pendant leur mouvement relatif, due à un processus de soudure en phase solide (exemple : un inlay composite de type A est confronté à un inlay composite de type B).

► Dans la cavité orale la salive a un rôle de lubrifiant, le phénomène d'adhésion est limité parce que l'un des buts de cette lubrification est de réduire la friction et la tendance à l'adhésion. **Pour cette raison il n'a pas été prouvé que ce type de dégradation contribue significativement à l'usure des inlays/onlays composite directs ou indirects.**

2 / La fatigue : L'endommagement des surfaces par fatigue de contact se manifeste lorsque les couches superficielles sont soumises à des contraintes répétées ou alternées qui conduisent à l'amorçage des fissures. Ces sollicitations (compression et tension de la restauration) peuvent être d'origine mécanique ou thermique. Les dégradations apparaissent sous forme des piqûres, fissures, écaillage et s'accompagnent de modifications structurales (exemple : lors de la mastication).

C'est un principe clé dans le processus de dégradation du composite, pour comprendre son implication dans le phénomène il faut notamment analyser l'influence de la microstructure et de l'état de surface.

Tout d'abord des notions concernant le composite sont à relever : le module d'élasticité et pour les contrainte on retrouve la résistance à la flexion et le fluage.

Le module d'élasticité est aussi appelé module de Young ou encore module de traction, c'est la constante qui relie la contrainte de traction et le début de la déformation d'un matériau élastique isotrope (propriétés mécaniques sont les mêmes dans toutes les directions). Plus celui-ci augmente, plus le matériau est rigide.

La résistance à la flexion est la capacité du matériau à résister à une déformation qui se traduit par une courbure.

Le fluage est le phénomène physique qui provoque la déformation irréversible différée (c'est-à-dire non-instantanée) d'un matériau soumis à une contrainte constante inférieure à la limite d'élasticité du matériau, pendant une durée suffisante.

Le module d'élasticité et la résistance à la flexion augmentent avec la contenance de charges dans le matériau composite. Si la forme de ses charges est irrégulière plutôt que sphérique cela jouent sur la résistance à la flexion et au fluage. Les études se portent de plus en plus sur cette géométrie des charges et sur l'état de surface du matériau. En effet dans une configuration avec quatre points de flexion, il a été montré qu'une rugosité de 2,1µm est une taille limite (un seuil) au delà de laquelle les défauts créés par les traitements de surface sont suffisamment larges pour avoir un effet significatif sur les valeurs de résistance.

► Pour l'instant aucune étude à haut niveau de preuve n'a effectué de comparatif entre les inlays/onlays directs et indirects en composite sur leur état de surface, leur microstructure et leur résistance à la fatigue (qui conduit à des fissures). Mais on relève néanmoins des conclusions communes :

- les grosses particules augmentent le seuil de résistance aux fissures du composite.

- un état de la surface superficielle convenablement poli (homogène et doux) est une prévention majeure aux fissures.

- les particules de forme irrégulière plutôt que sphérique augmentent la résistance à la flexion et au fluage, car cela augmente l'énergie d'activation nécessaire pour le glissement inter-particules.

3 / La corrosion : Action chimique de l'environnement sur le matériau (exemple : salive, attaque acide par du sucre).

La résine composite dentaire est un matériau hydrophobe. Il doit être mis en place à l'abri de l'humidité, dans la cavité buccale on évite de le mettre en juxta et infra gingivale car il y a présence de fluide salivaire. Lors d'expositions prolongées, l'eau et d'autres solvants peuvent

produire des dégradations chimiques du composite en s'infiltrant dans la matière; il y a alors une attaque des liaisons ester et la rupture des liaisons du polymère.

L'absorption de l'eau peut devenir la première cause d'un point de ramollissement de la matrice en surface. La mise en place de silane autour des charges en surface pour les rendre hydrophobes fait que le recouvrement est souvent non uniforme ou imparfait, mais également que la surface hydrophile offre des voies améliorées pour le passage de l'eau et des solvants.

► Bien qu'aucune étude in vivo n'est mise en évidence de différence significative entre inlays/onlays composites directs et indirects pour la résistance à la corrosion, les analyses les plus récentes ont montré qu'avec **des composites ayant la même quantité de nano-charges, plus la taille des charges diminue, plus le degré d'absorption d'eau et d'alcool est significativement augmenté.**

4 / L'abrasion : Dégradation de la surface par déplacement de matière, produite par des particules dures ou des protubérances dures. Les particules dures peuvent se trouver encastrées dans l'une des surfaces ou être entre les deux surfaces en mouvement relatif.

En bouche, il existe plusieurs moments où l'abrasion a lieu : lors du brossage avec une brosse à dent, à la mastication, en cas de bruxisme... Aux niveaux des points de contact occlusaux, la perte de composite est principalement causée par l'usure de deux corps.

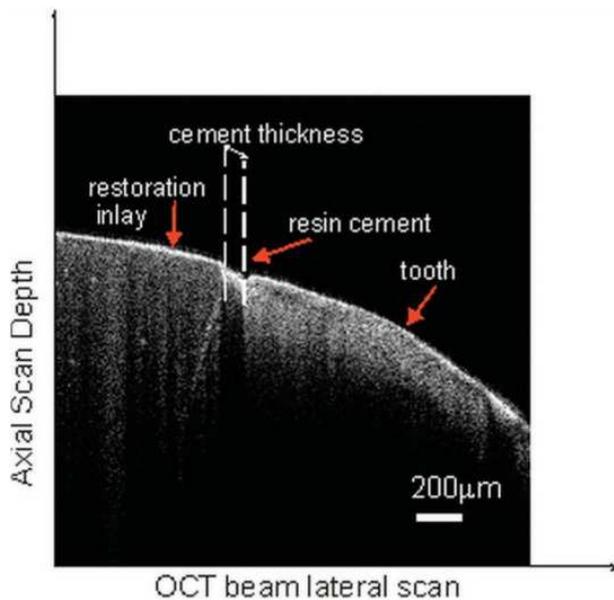
► Pour le moment c'est un paramètre qui reste très compliqué à étudier, notamment in vivo. **Mais la réalisation d'inlays/onlays en composite reste plus favorable comparé à la céramique en cas de para fonction comme le bruxisme.** En effet les forces en présence lors d'une telle para fonction sont si intenses qu'un matériau comme la céramique se casse en morceaux, alors que la résine composite dentaire s'use progressivement.

5.3.2 Adaptation marginale (68, 78)

L'adaptation marginale permet d'assurer l'étanchéité d'une restauration. C'est-à-dire que l'herméticité du joint tissu dentaire/matériau de restauration a pour objectif principal d'éviter une contamination bactérienne en direction pulpaire au travers des canalicules dentinaires. La pénétration bactérienne peut être source de douleurs chroniques ou de lésion carieuse récurrente (secondaire) se développant au niveau des bords de la restauration. Le deuxième objectif est d'éviter le passage de fluides au niveau de ce joint afin d'éviter une coloration inesthétique de ce joint.

L'étude in vivo du paramètre de l'adaptation marginale est très compliqué. On retrouve surtout des études réalisées sur des dents extraites sur lesquelles des cavités similaires sont réalisées puis une restauration directe ou indirecte est posée. L'outil actuel le plus intéressant pour observer la qualité du joint dans les laboratoires est la tomographie en cohérence optique ou tomographie optique cohérente (TCO ou OCT). C'est une technique d'imagerie médicale bien établie qui utilise une onde lumineuse pour capturer des images

tridimensionnelles d'un matériau qui diffuse la lumière (par exemple un tissu biologique), avec une résolution de l'ordre du micromètre (1 μm).



Ci-contre une image d'un OCT après une pose d'une restauration directe. C'est l'épaisseur de ciment qui a servi à mesurer l'écart marginal dans l'étude d'où est tiré ce cliché.

Figure 15: Adaptation marginale visualisée à l'OCT (78)

Après pose de la restauration, plusieurs études s'accordent sur un constat : les inlays directs et indirects présentent un joint marginal qui a été augmenté de plusieurs dizaines de micromètres. L'étude avec l'OCT a même estimé cet accroissement entre 35 μm et 62,75 μm après cémentation. Cette augmentation de l'écart marginal peut être liée à la viscosité de la résine de collage ou à la décharge problématique d'excès de cette résine en raison d'une géométrie complexe de la cavité. Cela est parfois attribué à l'augmentation de la pression hydraulique de la résine de collage. Les études de faible niveau de preuve (78 par exemple) présentent souvent comme conclusion hâtive que les inlays composites directs présentent une meilleure adaptation marginale que les inlays indirects, sont nombreuses.

La qualité marginale initiale ne devrait pas affecter la longévité de la restauration, car elle n'augmente pas nécessairement le risque de carie secondaire. En effet, cette étude (90) montre que les dentistes ont trop souvent tendance à croire que l'apparition d'une carie secondaire est liée à un joint défectueux. Or, dans leur diagnostic, ils laissent de côté le principal facteur responsable de ces caries: une hygiène bucco-dentaire insatisfaisante.

La qualité du joint marginal n'a été étudiée par aucune étude de très haut niveau de preuve. Pour autant, de multiples analyses mettent en avant le fait de trouver un système d'observation in vivo pour étudier ce paramètre.

Ainsi les systèmes OCT cliniques sont en train de devenir une méthode efficace, non destructive et adaptée pour évaluer les adaptations marginales des restaurations avec le développement de petites sondes OCT fibreuses flexibles qui peuvent facilement accéder à la cavité buccale.

5.4 Quel avenir pour les restaurations postérieures en composite quand la science se tourne vers la CFAO et la céramique?

A l'ère du numérique, plutôt que l'affrontement entre la technique directe et la technique indirecte; c'est la **convergence de ces deux méthodes qui semble prometteuse, en utilisant toujours la résine composite dentaire comme matériau de référence**. Cette rencontre de deux techniques se fait par l'intermédiaire des CAD – CAM blocs composite. Ces blocs « computer aided design – computer aided manufacturing », conçus et fabriqués par l'assistance d'un ordinateur, permettent de rassembler des paramètres de chaque méthode :

- Technique directe : Une seule séance pour la pose
- Technique indirecte : Diminution du risque de rétraction de prise, qualités anatomiques de la restauration, possibilité de restaurer de façon satisfaisante plusieurs dents sur un même quadrant.
- Avec toujours pour les deux techniques la possibilité d'une finition et d'un polissage plus aisés que la céramique, tout comme la réparation et la ré-intervention sur la pièce prothétique en composite.
- Mais ces blocs présentent également de nouvelles perspectives en terme de propriétés mécaniques, de diminution de la toxicité, et de collage.

5.4.1 Du traditionnel vers les blocs CAD-CAM : la résine composite dentaire par technique indirecte en pleine révolution (3, 23, 42, 45, 52)

La classification des composites actuels par technique indirecte se fait en utilisant des caractéristiques qui influencent leurs principales propriétés (59) :

1 – **Le processus de fabrication** : artisanal versus industriel « CAD-CAM » blocs (computer aided design – computer aided manufacturing).

2 – **La microstructure** : charges dispersées versus polymère infiltré dans un réseau de céramiques (PICN « polymer-infiltrated ceramic network »).

3 – **Le mode de polymérisation** : faible, haute température [HT], ou haute température-haute pression [HT-HP]).

4 – **La composition de la matrice résine**

5 – **La taille et le volume contenu des charges**

Les informations délivrées par les compagnies sont souvent incomplètes, en particulier lorsqu'il s'agit du mode polymérisation et de la composition du matériau.

Voir les tableaux dans l'annexe 4 et 5 qui présentent ces différentes considérations et qui incluent les résines composites dentaires indirectes les plus actuels.

A l'heure actuelle, pour les inlays et onlays en résine composite réalisés artisanalement de manière indirecte, il existe de multiples facteurs qui peuvent influencer leur polymérisation, leur viscosité et leur propriété optiques. On retrouve, par exemple, le temps et le mode d'irradiation pour la photo-polymérisation, la température, la composition de la matrice et les charges. De ce fait, le degré de conversion du composite se retrouve limité et dépendant du praticien. De plus, l'irradiation est variable de la surface vers le fond de la préparation, la polymérisation est hétérogène, ce qui génère du stress dans le composite. Il faut savoir que ces inconvénients ont un impact négatif sur les propriétés mécaniques et sur le relargage de monomères libres.

Un suivi du réchauffement du composite a permis de montrer l'amélioration du degré de conversion, de la résistance à la flexion, et la réduction des monomères qui n'ont pas réagi à la photo-polymérisation du composite. On retrouve dans plusieurs études récentes un lien entre la température et la volatilisation de ces monomères. Leur diffusion et leur réactivité après photo-polymérisation sont limitées par l'augmentation de la viscosité du matériau. De nos jours la gamme disponible de composites indirects artisanaux décroît au profit du développement des blocs CAD-CAM en résine composite dentaire.

5.4.2 Les différents blocs CAD-CAM blocs en résine composite dentaire (2, 3, 20, 21, 23, 45, 52, 67, 74, 76)

Le bloc est dans un premier temps produit industriellement, puis fraisé dans un second temps. Les industriels tentent à l'heure actuelle d'augmenter l'homogénéité du matériau composite, sa résistance mécanique, et de diminuer la présence de défauts et de porosité.

Les blocs CAD-CAM en résine composite dentaire permettent aux industriels d'augmenter la contenance en charges (en termes de volume) du matériau. Ce qui n'est pas possible avec les composites directs qui ont besoin d'être suffisamment plastique pour que le praticien fasse la restauration.

Enfin les blocs récents ne contiennent pas de bisphenol A-glycidyl methacrylate (Bis-GMA), et ne sont pas plus longtemps photo-polymériser avec les progrès faits sur les traitements sous haute température (>100°C) et parfois haute pression (>150MPa).

Ces blocs peuvent tout simplement être scindés en deux groupes en fonction de leur microstructure (45) :

- charges dispersées (ou éparses).
- polymère infiltré dans un réseau de céramique (PIRC)

Charges Dispersées

Le terme de « **nanocéramique** » s'est notamment développé dans le jargon de la dentisterie moderne avec des industriels, tels 3M, qui ont sorti des composites nanochargés. Par exemple, Lava Ultimate® avec en poids 79 % de zirconium-silicate sous forme de nanocharges, qui présente néanmoins le même type de charges que celui retrouvé dans des composites directs.

En réalité, l'amélioration supplémentaire réside dans **la matrice**. Elle est composée d'urethane diméthacrylate (UDMA), est intégralement chauffée plutôt que d'être d'abord photo-polymérisée. L'UDMA a une concentration de liaisons doubles plus importante que dans le Bis-GMA, cela permet un plus haut degré de conversion et de réticulation, ainsi qu'une réactivité plus importante à la photo-polymérisation. L'UDMA photo-polymérisé montre une plus faible solubilité et sorption à l'eau que le Bis-GMA, ce qui prévient l'altération des propriétés du matériau et l'absorption des pigments hydrosolubles. Un autre élément intéressant est que, contrairement au Bis-GMA, l'UDMA n'a pas nécessairement besoin d'addition du triéthylenglycol diméthacrylate (TEG-DMA) comme diluant pour baisser la viscosité. Ce dernier induit davantage de rétraction à la polymérisation et est le sujet de plusieurs recherches sur sa cytotoxicité, sa potentielle mutagénicité sur cellules terminales, les réactions allergiques induites, des études de 2012 et 2015 (63,64) sur souris tentent de découvrir son effet sur la fertilité.

Pour finir, le terme de « **céramique hybride** » est un terme commercial confus qui ne se réfère en rien à des notions scientifiques sur les matériaux. Cela ne reflète absolument pas les propriétés du matériau qu'on nomme ainsi. Même si la composition ou la taille des charges n'est pas exactement similaire, **ces nouveaux blocs de résine composite dentaire sont tous composés de charges dispersées avec une matrice qui a pour base de l'UDMA, et dont la polymérisation se fait à haute température. Ils doivent davantage être vu par les praticiens du point de vue mécanique comme des résines composites dentaires, surtout comparé au PIRC CAD-CAM blocs.**

Polymère infiltré dans un réseau de céramique (PIRC)

Les termes de « **double-network materials** », ou « **interpenetrating-phase ceramic-resin composites** », ou encore « **ceramic base interpenetrating phase materials** » sont employés par les laboratoires pour définir les PIRC.

Dans ce type de bloc, le polymère remplace le verre, pour être piégé dans le réseau. La nouvelle génération de blocs composites est formée d'un réseau de vitrocéramiques frittées et infiltrés par des monomères puis l'ensemble est thermopolymérisé. On obtient deux réseaux continus imbriqués.

Ces PIRC blocs sont véritablement à bien distinguer des matériaux composites et de ceux avec des charges dispersées. En effet, le réseau de céramique constitue une sorte d'échafaudage en trois dimensions de particules interconnectées. Il faut s'imaginer un

véritable squelette qui est capable de distribuer dans toutes les directions le stress subi par le matériau, et d'améliorer la résistance à la fracture.

Sur le marché, le premier bloc à apparaître est l'Enamic® de VITA en 2012. A cette période, il persiste toujours des difficultés à gérer les effets du stress induit par la rétraction à la polymérisation. M.J. Sadoun trouve une solution à ce problème. Il pose un brevet sur une toute nouvelle forme de polymérisation : à haute température et à haute pression (>150 MPa). En effet, la haute température augmente la mobilité de la chaîne. Quant à la polymérisation qui diminue avec la pression, la haute pression compense la rétraction et diminue le nombre et la taille des défauts.

Pour l'Enamic®, la fraction de volume en céramique est importante, voilà pourquoi le terme de « céramique hybride » a été employé dans un premier temps, pour être ensuite radié. L'Enamic® est d'abord un réseau de céramique mais qui est infiltré par un mélange d'UDMA et de TEGDMA. Ce dernier posant les multiples problèmes énoncés plus haut, les dernières recherches sur les composites indirects tendent vers un matériau avec une matrice de polymère UDMA pure, sans TEGDMA et initiateurs...

5.4.3 Les impacts des dernières avancées scientifiques sur les propriétés des composites directs et indirects (59, 63, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78)

Propriétés mécaniques(45)

- Influence de la teneur en charges :

Une haute teneur en charges et des petites particules sont plus avantageuses en terme de propriétés mécaniques. Mais au-delà de 60 % de volume de charges, la résistance à la flexion tend à diminuer, cela est probablement lié à la technique d'incorporation par « mélange » qui engendrent plus de porosités. Ce problème lié au mélange n'a pas lieu dans les PIRC, en comparaison aux composites indirects par technique traditionnelle.

- Le degré de conversion et le mode polymérisation :

La dureté, le module d'élasticité, la résistance à l'abrasion tendent à augmenter avec le degré de conversion.

La polymérisation haute température (180°C) et haute pression (250MPa) de composites direct et indirects a montré une augmentation significative de leur propriétés mécaniques, comparée à une photo-polymérisation. Cette combinaison de haute pression et haute température est capable d'augmenter le degré de conversion jusqu'à 95 %.

- Influence de la microstructure :

L'addition d'un initiateur augmente la résistance à la flexion des PIRC à 300MPa, qui est la valeur la plus proche de la céramique la plus résistante IPS e.max CAD. En PIRC, Enamic qui est composé de UDMA et de TEGDMA, avec un module d'élasticité de 30 GPa et d'une dureté de 2,5 GPa, se trouve être une sorte d'intermédiaire entre émail et dentine. Tandis que les mêmes données pour des blocs usinés avec des charges dispersées sont en dessous des valeurs de la dentine.

Propriétés de collage(45)

Pour améliorer le collage de composite indirects, l'augmentation de la rugosité de la surface compte davantage que le conditionnement chimique par un silane. Un mordantage à l'acide fluorhydrique pour les PIRC conduit à une dissolution totale de la phase céramique, créant une structure avec un nombre élevé de niches pour que se fasse les liaisons du collage.

Toxicité et relargage de monomère(45)

C'est un point essentiel dans la recherche sur les résines composites dentaires. La libération de composants à cause d'une polymérisation incomplète et par la suite d'une dégradation. Les composants en question peuvent être nombreux, tel un perturbateur endocrinien comme le Bisphenol A (BPA), des monomères de faible poids comme le TEGDMA, ou plus

lourd comme l'UDMA, sans compter les additifs tels les radicaux libres et les molécules photo-initiatrices.

Un grand nombre de monomères sont déclarés comme induisant des effets indésirables. Parmi ceux-ci on trouve la colonisation bactérienne à la surface du composite, les perturbations des odontoblastes et de la pulpe; sans compter les réactions allergiques et les effets cytotoxiques.

Mais le BPA n'est pas libéré par le Bis-GMA, aucune étude à ce jour ne l'a prouvé, par contre il est bien un produit de dégradation du Bis-GMA. L'UDMA qui est utilisé en alternative au Bis-GMA dans les derniers CAM-CAD blocks n'est pas synthétisé via le BPA. **Les récents blocs CAD-CAM par rapport aux résines composites dentaires directs et indirects traditionnels (59):**

- Utilisent moins de monomères toxiques et il n'y a pas de photo-initiateurs.
- Ont une meilleure résistance à la dégradation et au relargage de composants toxiques

La polymérisation par haute température et haute pression pour l'UDMA a montré une réduction extrême du relargage des monomères en comparaison à la photo-polymérisation. Enfin, en 2013, selon Nguyen et al., le PIRC sans TEGDMA a été développé.

5.4.4 Vers la meilleure réponse possible aux attentes des praticiens et de leurs patients (10, 11, 56)

Si nous en revenons au premier paragraphe de cette thèse qui fait référence au désir sociétal, c'est vers la médecine moderne qu'il faut orienter le propos. Ainsi pour les dents postérieures, les praticiens et leurs patients sont dans l'attente d'inlays/onlays composite :

- **qui nécessitent une intervention minimale, voir aucune préparation, dans le respect du « gradient thérapeutique »,**
- **qui soient faciles à façonner ou à usiner selon la technique choisie,**
- **faits rapidement, dans la séance préférentiellement,**
- **qui soient composés d'un matériau le plus biocompatible possible et présentant le plus faible risque de toxicité,**
- **qui ont des propriétés mécaniques satisfaisantes tout en ne s'éloignant qu'au minimum du comportement mécanique de l'émail et de la dentine,**
- **qui puissent être réparés facilement si besoin,**
- **qui présentent un coût financier raisonnable.**

Ainsi, les récents blocs CAD-CAM composites offrent progressivement une réponse complète à ces différentes demandes. Ils présentent un module d'élasticité et une capacité d'absorption des forces masticatoires plus proche de la dentine que la céramique. D'ailleurs, ils sont moins fragiles que cette dernière, ce qui rend leur usinage plus aisés. Ils peuvent être usinés à une faible épaisseur (jusqu'à 0,2 mm), et leur temps d'usinage est plus faible que pour la céramique. Ces blocs présentent une tolérance élevée à la dégradation, une faible tendance au déchiquetage de la partie marginale (zone fragile lors de l'usinage ou de la pose), des contours marginaux plus doux. Le coût du matériau composite de ces blocs est moins élevé que lors de la réalisation d'inlays en or ou en céramique. Enfin, les inlays-onlays en résine composite sont plus faciles à réparer en cas de fracture. Tous ces différents arguments font véritablement écho aux attentes de la dentisterie de demain.

VI - Conclusion

En tenant compte du principe de « minimal invasion conservatrice restorative dentistry » et au vue du recul clinique, les résines composites dentaires utilisées en technique directe sont la méthode de choix pour les restaurations de petite étendue et de faible profondeur. Pour les SiSta 2/2, 1/3 et 2/3, la question peut se poser. On reconnaît à la technique indirecte qu'elle permet d'obtenir un matériau avec de meilleures propriétés mécaniques (résistance à la fracture), une réduction du retrait liée à la polymérisation, ainsi qu'une meilleure anatomie occlusale et proximale. En fonction des différents paramètres cités dans le tableau récapitulatif, des dernières données de la science et de son jugement propre, c'est au praticien de choisir en son âme et conscience quelle technique employée. Il sait désormais que la seule différence significative qui ait été démontrée à l'heure actuelle entre les deux techniques est la décoloration du joint marginal.

Seulement, il faut se rendre à l'évidence que les résines composites dentaires indirectes par technique traditionnelle tendent à disparaître, et ceux au profit des blocs CAM-CAD. Ils s'intègrent davantage dans l'ère de la médecine dite moderne et dans cette transition numérique que connaît la dentisterie depuis déjà de nombreuses années.

Enfin, il faut noter cette course effrénée des industriels dans la recherche du matériau composite qui comblera toutes les attentes du praticien et de son patient. Ce matériau devra pouvoir être rapidement mis en place, préserver au maximum la structure dentaire, être esthétique, durer dans le temps ou alors être facilement réparable, et tout cela à un prix très raisonnable.

Des idées émergent sur le principe du « no prep », avec un matériau composite posé à même la cavité sans avoir à tailler dans l'organe dentaire, proche des propriétés biologiques et mécaniques de la dent, souvent dans l'idée qu'il ne durera pas mais sera facilement remplaçable à moindre coût. En 2013, Petrini et al. proposaient le concept de matériau composite biomimétique avec différentes couches de lamelles d'alumine infiltrées par une résine époxyde, reproduisant l'anisotropie des tissus dentaires. Cette idée est-elle applicable un jour au fauteuil? L'avenir nous le dira.

VII - Bibliographie

1. ANGELETAKI et al.

Direct versus indirect inlay/onlay composite restorations in posterior teeth. A systematic and meta-analysis.
J Dent 2016;**53**:12-21.

2. AWADA A, NATHANSON D.

Mechanical properties of resin-ceramic cad/cam restorative materials.
J Prosthet Dent 2015;**114**(4):587-593.

3. BAGIS YH, RUEGGERBERG FA.

The effect of post-cure heating on residual, unreacted monomer in a commercial resin composite.
Dent Mater 2015;**16**(4):244-247.

4. BARBAROSA SH, ZANATA RL, NAVARRO MFDL, NUNES OB.

Effect of different finishing and polishing techniques on the surface roughness of microfilled, hybrid and packable composite resins.
Braz Dent J 2005;**16**(1):39-44.

5. CARDASH HS, BAHARAV H, PILO R, BEN-AMAR A.

The effect of porcelain color on the hardness of luting composite resin cement.
J Prosthet D 1993;**69**:620-623.

6. CAUGHMAN WF, CAUGHMAN GB, SHIFLETTE RA, et coll.

Correlation of cytotoxicity, filler loading and curing time of dental composites.
Biomaterials 1991;**12**(8):737-740.

7. CETIN AR, UNLU N.

Clinical wear rate of direct and indirect posterior composite resin restorations.
Int J Periodont Dent 2012;**32**(3):87-94.

8. CETIN A, UNLU N, COBANOGLU N.

A five-year clinical evaluation of direct nanofilled and indirect composite resin restorations in posterior teeth.
Oper Dent 2013;**38**:1-11.

9. CHOLET L.

Les inlays / onlays composites au cabinet dentaire.
Inf dent 1998; **80**(11):12-16.

10. COLDEA A, FISCHER J, SWAIN MV, THIEL N.

Damage tolerance of indirect restorative materials (including picn) after simulated bur adjustments.
Dent Mater 2015;**31**(6):684-694.

11. COLDEA A, SWAIN MV, THIEL N.

Mechanical properties of polymer-infiltrated-ceramic-network materials.
Dent Mater 2013;**29**(4):419-426.

12. DANI O.

Analyse comparative, inlays céramique, inlays composite.
Inf Dent 1997;**79**(42) :25-31.

13. DECUP F, POURREAU F , SEBRIEN A.

Restauration postérieure esthétique : technique directe versus indirecte ?
Réal Clin 2003;**14**(4):423-441.

14. DIETSCHI D, SPREAFICO R.

Restaurations esthétiques collées. Composites et céramiques dans les traitements esthétiques des dents postérieures.
Paris : Quintessence International, 1997.

15. DIETSCHI D, SPREAFICO R, LUDWIG J.

Adhesive metal-free restorations: current concepts for the esthetic treatment of posterior teeth.
Israël : Quintessence Publishing, 1997.

16. FEILZER AJ, DE GEE AL, DAVIDSON CL.

Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration.
J Dent Res 1987;**66**(4):1636–1639

17. FENNIS W, KUIJS R, KREULEN CM.

Randomized control trial of composite cuspal restorations : five-year results.
J Dent Res 2014;**93**(2):36-41.

18. FERRACANE JL.

Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks.
Dent Mater 2006;**22**:211-222.

19. GARBER D, GOLDSTEIN R.

Inlays et onlays en céramique et en composite : Restaurations postérieures esthétiques
Paris : Cdp, 1995.

20. GIORDANO R.

Materials for chairside CAD/CAM–produced restorations.
J Am Dent Assoc 2014;**137**(suppl 3):14-21.

21. GONCALVES F, AZEVEDO CL, FERRACABE JL, BRAGA RR.

Bisgma/tegDMA ratio and filler content effects on shrinkage stress.
Dent Mater 2011;**27**(6):520-526.

22. GORACCI G, MORI G, BAZZUCCHI L.

Marginal seal and biocompatibility of a fourth-generation bonding agent.
Dent Mater 1995;**11**(6):343–347.

23. GUPTA SK, SAXENA P, PANT VA, PANT AB.

Release and toxicity of dental resin composite.
Toxicol Int 2012;**19**(3):225-234.

24. GWINNET AJ.

Moist versus dry dentin : Its effect on shear bond strength.
Am J Dent 1992;**5**:127–129.

25. HANNING M, REINHARDT KJ, BOTT B.

Self etching primer vs phosphoric acid : an alternative concept for composite to enamel bonding.
Oper Dent 1999;**24**(3):172-180.

26. HEINTZE SD, FORJANIC M, ROUSSON V.

Surface roughness and gloss of dental materials as a function of force and polishing time in vitro.
Dent Mater 2006;**22**(2):146-165.

27. HIGGINGS JP, GREEN S.

Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions 2011
<http://handbook.cochrane.org/>

28. HUTH K, CHEN Y, A. MEHL, MANHART J.

Clinical study of indirect composite resin inlays in posterior stress-bearing cavities, placed by dental students : results after 4 years.
J Dent 2011;**39**:478-488.

29. ILIE N, HICKEL R.

Macro-, micro- and nano-mechanical investigations on silorane and methacrylate-based composites.
Dent Mater 2009;**25**(6):810-812.

30. JONES CS, BILLINGTON RW, PEARSON GJ.

The in vivo perception of roughness of restorations.
Br Dent J 2004;**196**(1):42-45.

31. KANCA J.

A method for bonding to tooth structure using phosphoric acid as a dental-enamel conditioner.
Quintessence Int 1991;**22**:285-329.

32. KANCA J.

Effect of resin primer solvents and surface wetness on resin composite bond strength to dentin.

Am J Dent 1992;**5**:213-215.

33. KANCA J.

Resin bonding to wet substrate. I. Bonding to dentin.

Quintessence Int 1992;**23**:39-41.

34. KARABELA MM, SIDERIDOU ID.

Synthesis and study of properties of dental resin composites with different nanosilica particles size.

Dent Mater 2011;**27**(8):825-835.

35. KAWAKAMI Y, TAKESHIGE F, HAYASHI M, EBISU S.

Fatigue of toothcolored restoratives in aqueous environment.

Dent Mater 2007;**26**:1-6.

36. KIM KH, ONG JL, OKUNO O.

The effect of filler loading and morphology on the mechanical properties of contemporary composites.

J Prosthet Dent 2002;**87**:642-649.

37. KINGMAN A et al.

Bisphenol a and other compounds in human saliva and urine associated with the placement of composite restorations.

J am Dent Assoc 2012;**143**(12):1292-1302.

38. KORAN P, KÜRSCHHER R.

Effect of sequential versus continuous irradiation by the infiltration of monomers into tooth substrates.

J Biomed Mater Res 1982;**16**:265–273.

39. KOUBI S, FAUCHER A, BROUILLET J-L, WEISSROCK G, et coll.

Les inlays-onlays en résine composite. Nouvelle approche.

Inf Dent 2006;**5**:194-205.

40. KOUBI G, KOUBI S, BROUILLET J-L.

La technique « composite-up » : une méthode simple pour les restaurations postérieures directes. Pratique clinique en dentisterie conservatrice.

Paris : Quintessence, 2003.

41. LASSERRE JF.

Recherche sur l'usure dentaire et évaluation "in vivo" de biomatériaux. Restaurateurs avec le simulateur d'usure UVSB2.

Thèse : 3^{ème} cycle Sci Odontol, Bordeaux, 2003.

42. LEPRINCE JG, PALIN WM, HADIS MA, et coll.

Progress in dimethacrylate-based dental composite technology and curing efficiency.
Dent Mater 2013;**29**(2):137-156.

43. LIEBENBERG WH.

Occlusal index-assisted restitution of esthetic and functional anatomy in direct tooth-colored restorations.

Quintessence Int 1996;**27**(6):81–88.

44. LIN-GIBSON S, SUNG L, FORSTER AM, HU H, CHENG Y, LINN J.

Effects of filler type and content on mechanical properties of photopolymerizable composites measured across two-dimensional combinatorial arrays.

Acta Biomater 1998;**5**(6):2084-2094.

45. MAINJOT A, DUPONT N, OUDKERK J, et coll.

From artisanal to CAD-CAM Blocks : state of the art of indirect composites.

J Dent Res 2016;**95**(5):487-495.

46. MARIGO L, RIZZI M, LA TORRE G, RUMI G.

3-D surface profile analysis : different finishing methods for resin composites.

Oper Dent 2001;**26**(6):562-568.

47. MASOURAS K, SILIKAS N, WATTS DC.

Correlation of filler content and elastic properties of resin-composites.

Dent Mater 2008;**24**(7):932-939.

48. MITRA SB, WU D, HOLMES BN.

An application of nanotechnology in advanced dental materials.

J Am Dent Assoc 2003;**134**:1382-1390.

49. MORI G.

Otturazioni in composito ed adesione alle strutture dentarie.

Paris : Masson, 1994.

50. MUI A.

The four dimensional tooth system.

Quintessence, 1985.

51. NAKABAYASHI N.

The hybrid layer : A resin-dentin composite.

Proc Finn Dent Soc 1992;**88**(suppl 1):321-329.

52. NGUYEN JF, MIGONNEY V, RUSE ND, SADOON M.

Resin composite blocks via high-pressure high temperature polymerisation.

Dent Mater 2012;**28**(5):529-534.

53. NGUYEN J, MIGONNEY V, RUSE N, SADOON M.

Properties of experimental urethane dimethacrylate based dental resin composite blocks obtained via thermo-polymerization under high pressure.

Dent Mater J 2013;**29**(2):535-44.

54. NGUYEN J, MIGONNEY V, RUSE N, SADOON M.

High-temperature high-pressure polymerized resin-infiltrated glass-ceramic networks.

J Dent Res 2014;**93**(1):62-67.

55. NGUYEN J, RUSE D, SADOON M.

Nouvelle classe de matériaux composites.

Entret Bichat 2013;**12**:37-40.

56. NOACK MJ, ROULET JF, BERGMANN P.

A new method to lute tooth colored inlays with highly filled composite resins.

J Dent Res 1991;**70**:457.

57. PALLESEN U, QVIST V.

Composite resin fillings and inlays : an 11-year evaluation.

Clin Oral Ivestig 2003;**7**:71-79.

58. PEDROSO TURSSI C, CAMPOS SERRA M.

Wear of dental resin composites : insights into underlying processes and assment methods – a review.

J Biomed Mater Res 2003;**65**(2):280-285.

59. PERDIGAO J, LAMBRECHTS P, VAN MEERBEEK B, et coll.

The interaction of adhesive systems with human dentin.

Am J Dent 1996;**9**(4):167-173.

60. PEUMANS M, GLADYS S, BRAEM M, et coll.

Three-years clinical effectiveness of four total-etchh dentinal adhesive systems in cervical lesions.

Quintessence Int 1996;**27**(11):775-784.

61. PEUTZFELDT A.

Dual-cure resin cement : in vitro wear and effect of quantity of remaining double-bonds, filler volume, and light-curing.

Acta Odontol Scande 1995;**53**(1):29-34.

62. PEUTZFELDT A, ASMUSSEN E.

A comparison of accuracy in seating and gap formation for three inlay-onlay techniques.

Oper Dent 1990;**15**(4):129-135.

63. PHAN AC, TANG ML, NGUYEN JF, et coll.

High-temperature high-pressure polymerized urethane dimethacrylate-mechanical properties and monomer release.

Dent Mater 2014;**30**(3):350-356.

64. RASKIN A, SETCOS J, VREVEN J.

Influence of the isolation method on the 10-year clinical behavior of posterior resin composite restorations.

Clin Oral Investig 2000;**4**(3):148-152.

65. RUEGGERBERG F, CAUGHMAN W, CURTIS JW.

Factors affecting cure at depths within light-activated resin composites.

Am J Dent 1993;**6**(2):91-95.

66. RUSE ND, SADOON MJ.

Resin-composite blocks for dental cad/cam applications.

J Dent Res 2014 ;**93**(12):1232-1234.

67. SADOON M.

Composite ceramic block.

2011, US patent 8,507,578 B2.

68. SAKRANA AA.

In vitro evaluation of the marginal and internal discrepancies of different esthetic restorations.

J Appl Oral Sci 2013;**21**(6):575–580.

69. SARFATI E, HARTER JC, RADIGUET J.

Etude comparative des restaurations postérieures cosmétiques. Critères de choix entre composite postérieur, inlay composite et inlay céramique.

Rev Odonto-stomato 1995;**24**(5):393-404.

70. SHILLINGBURG HT, HOBOS S, WHITSETT LD.

Preparations for intra-coronal restorations. Fundamentals of Fixed Prosthodontics.

Israël : Quintessence Publishing, 1981.

71. SHILLINGBURG HT.

Les préparations en prothèse fixée.

Paris : Cdp, 1988.

72. SIDERIOU I, ACHILIAS DS.

Elution study of unreacted Bis-GMA, TEGDMA ; UMDA, and Bis-EMA from light-cured dental resins and resin composites using HPLC.

J Biomed Mater Res 2005;**74**(1):617-626.

73. SIDERIOU I, TSERKI V, PAPANASTASIOU G.

Effect of chemical structure on degree of conversion in light-cured dimethacrylate-based dental resins.

Biomaterial 2002;**23**(8):1819-1829.

74. SIDERIDOU I, KARABELA MM.

Sorption of water, ethanol or ethanol/water solutions by light-cured dental dimethacrylate resins.

Dent Mater 2011;**27**(10):1003-1010.

75. SPITZNAGEL FA, HORVATH SD, GUESS PC, BLATZ MB.

Resin bond to indirect composite and new ceramic/polymer materials : a review of the litterature.

J Esthet Restor Dent 2014;**26**(6):382-393.

76. SWAIN MV , COLDEA A, BILKHAIR A, GUESS PC.

Interpenetrating network ceramic-resin composite dental restorative materials.

Dent Mater 2015; **32**(1):34-42.

77. TURILLAZI O.

Gli intarsi in composito.

RTD Tecnologie Dentali 1997;**1**.

78. TURK GOZDE, SABUNCU METIN

Comparison of the marginal adaptation of direct and indirect composite inlay restorations with optical coherence tomography.

J Appl Oral Sci 2006;**24**(4):383-390.

79. UNEMORI M, MATSUYA Y, AKASHI A, et coll.

Composite resin restoration and postoperative sensitivity: clinical follow-up in an undergraduate program.

J Dent 2001;**29**(1):7-13.

80. VANINI L.

Light and color in anterior composite restorations.

Pract Periodontics Aesthet Dent 1996;**8**(7):673-682.

81. VAN LANDUYT KL, KANUMILLI P, DE MUNCK J, et coll.

Bond strength of a mild self-etch adhesive with and without prior acid-etching.

J Dent 2006;**34**(1):77-85.

82. VAN LANDUYT KL, NAWROT T, GEEBELEN B, DE MUNCK J, et coll.

How much do resin-based dental materials release ? A meta-analytical approach.

Dent Mater 2013;**29**(8):919.

83. VAN MEERBEEK B, INOKOSHI S, BRAEM M, et coll.

Morphological aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different dentin adhesive system.

J Dent Res 1992;**71**(4):1530-1540.

84. WASELL RW, WALLS AW.

Cavity convergence angles for direct composite inlays.

J Dent 1992;**20**(5):294-297.

85. WUCHER M, GROBLER SR, SENEKAL PJ.

A 3-year clinical evaluation of a compomer, a composite and a compomer/composite (sandwich) in class II restorations.

Am J Dent 2002;**15**(2):274-278.

86. YAP AU, CHUNG SM, CHOW WS, TSAI KT, LIM CT.

Fracture resistance of compomer and composite restoratives.

Oper Dent 2004;**29**(1):29-34.

87. YOSHIYAMA M, MATSUO T, EBISU S, PASHLEY D.

Regional bond strengths of self-etching/self-priming adhesive systems.

J Dent 1998;**26**(7):606-616.

88. ZIMMERLI B, STRUB M, FLURY S.

Techniques de restaurations directes. Evolutions en odontologie restauratrice.

Paris : Quintessence, 2003.

VIII – Table des tableaux.

Tableau 1 : Composants possibles de la matrice d'une résine composite dentaire.....	15
Tableau 2 : Classifications des différentes résines composites dentaires selon leurs composants matriciels	17
Tableau 3 : Les différents systèmes adhésifs schématisés par des couleurs.....	19
Tableau 4 : Les avantages et inconvénients des différents systèmes de collage	20
Tableau 5 : Les avantages et inconvénients de la technique directe	24
Tableau 6 : Les agents de polymérisation	27
Tableau 7 : Les principes de préparation d'une cavité en vue d'un inlay ou d'un onlay en résine composite dentaire	36
Tableau 8 : Récapitulatif des critères de choix entre techniques directe et indirectes pour les inlays onlays en résine composite dentaire	48
Tableau 9 : Récapitulatif de la comparaison des paramètres de la méta-analyse	57

IX – Table des illustrations.

Figure 1: Exemple d'un inlay et d'un onlay	11
Figure 2: Préparation d'une molaire pour recevoir un onlay en résine dentaire composite ..	35
Figure 3: Empreinte double mélange d'une préparation d'un onlay	37
Figure 4: Temporisation d'une cavité d'onlay avec un ciment verre ionomère	37
Figure 5: MPU d'une préparation onlay avant et après la pose de l'isolant	38
Figure 6: Reconstitution de la face proximale puis du fond de cavité, pour terminer avec la crête marginale et la face occlusale	39
Figure 7: Caractéristiques externes et polissage d'un onlay en résine dentaire composite ...	40
Figure 8: Passage d'un insert ultrasonique pour nettoyer la cavité	40
Figure 9: Application de silane (à gauche) suivi d'une application de couche de liaison	42
Figure 10: Microsablage puis vérification que la surface dentaire est intégralement nettoyé	43
Figure 11: Passage d'un fil de soie qui est ensuite positionné dans l'embrasure proximale ..	44
Figure 12: Exemple d'un système ultrasonique avec un insert en composite	45
Figure 13: Différents système de polissage d'un inlay en résine dentaire composite	46
Figure 14: Lustrage d'un inlay en résine composite dentaire avec une cupule montée sur contre-angle	46
Figure 15: Adaptation marginale visualisée à l'OCT.....	61

X - Annexes.

1/Types et périodes d'échec des inlays et des onlays de l'étude (53)

Table 2a
Types and time of failure (Inlays).

Study	Palleesen and Qvist [18]		Cetin et al. [19]	
	Direct	Indirect	Direct	Indirect
Failures	N	N	N	N
Secondary caries	2	4	1	0
	5; 9.2 (replaced)		6; 8.8 (replaced)	3 (replaced)
Loss of proximal contact	2	0	0	0
Occlusal Fracture	4	1	0	0
	5; 5; (repaired) 9.9; 10 (replaced)		5 (replaced) 6.5 (repaired)	
Fracture of the marginal ridge	0	4	0	0
			1.5; 7; 10.1 (replaced) 5 (repaired)	
Debonding of the restoration	0	1	0	0
Cusp Fracture	0	2	0	0
Endodontic treatment			7; 8 (replaced)	1 2 (replaced)

Table 2b
Types and time of failure (Onlays).

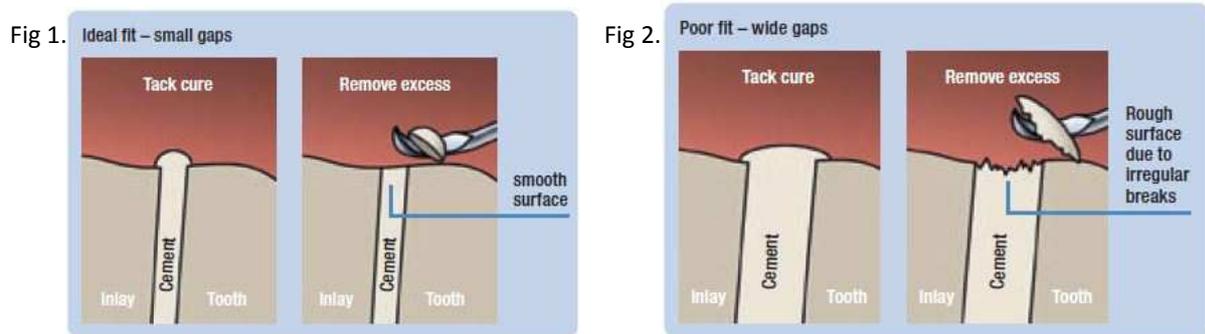
Study	Fennis et al. [23], after e-mail communication	
	Direct	Indirect
Failures	N	N
Secondary caries	0	1
Debonding of the restoration	1	4
	3.8 (replaced)	1.8; 2.3; 2.5 (repaired) 3.2 (replaced)
Cusp Fracture	3	
Cohesive failure	2	1
	1.8; 3.7; 4.2 (replaced) 0.6 (replaced) 4.1 (repair)	0.6 (replaced)
Dislodgement and cohesive failure		3
Endodontic treatment		2
		2.8; 4; 4.4 (replaced) 2.2; 3.1 (replaced)

2/ Fiche de conseils proposés par le site de 3M ESPE®

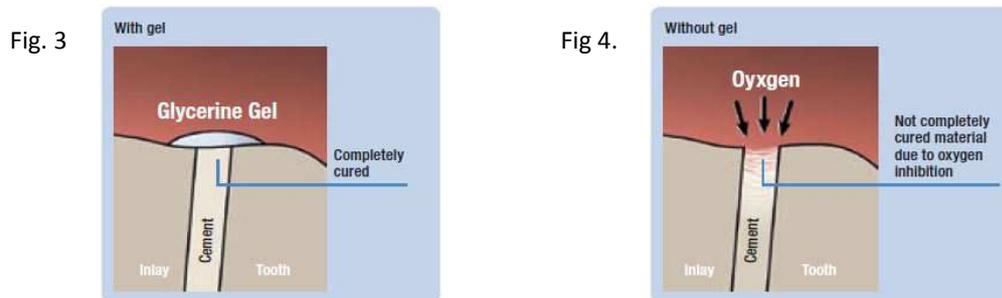
http://solutions.3mfrance.fr/wps/portal/3M/fr_FR/3M_ESPE/Dental-Manufacturers/Dental-Education-Knowledge-Base/Dental-Cementation-Guide/How-To-Cement-Inlays-And-Onlays/

Pour obtenir d'excellents bords lors de la pose d'inlays, d'onlays ou de couronnes, et pour éviter les lignes blanches (qui risquent de provoquer une décoloration au fil du temps), nous vous recommandons les actions suivantes :

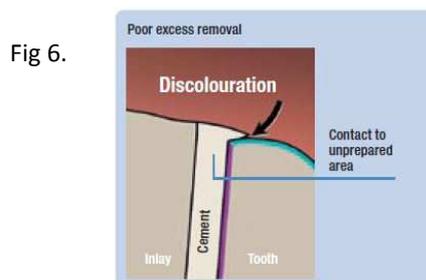
a) Veillez à ce que la forme de la restauration soit parfaitement adaptée afin d'éviter toute limite irrégulière lors du retrait de l'excédent (fig. 1, 2). Un hiatus fin ($< 80 \mu\text{m}$) permet une limite nette (voir Fig. 1) du ciment sur les bords. Un hiatus large (Fig. 2) peut produire une limite irrégulière, et entraîner une ligne blanche. L'effet d'optique produit par la ligne blanche est dû à une diffusion de lumière inégale. Avec le temps, l'accumulation de la plaque sur les surfaces rugueuses peut entraîner une décoloration supplémentaire. Afin d'éviter la décoloration, effectuez un polissage final de la limite après le retrait minutieux des excès de ciment.



b) Utilisez un gel à base de glycérine pour obtenir une polymérisation optimale de la surface collée. Recouvrez le ciment de gel à base de glycérine (Fig. 3) pour créer une barrière afin de garantir une polymérisation complète de la surface collée en mode à l'air chemopolymérisable. L'oxygène peut faire obstacle à la guérison de la photopolymérisation (Fig. 4). Un ciment dont la polymérisation n'est pas complète peut absorber de l'eau et ainsi entraîner une opacité ou une coloration accrue. Par ailleurs, les propriétés mécaniques seront compromises, causant ainsi un lavage et une mauvaise intégrité marginale.



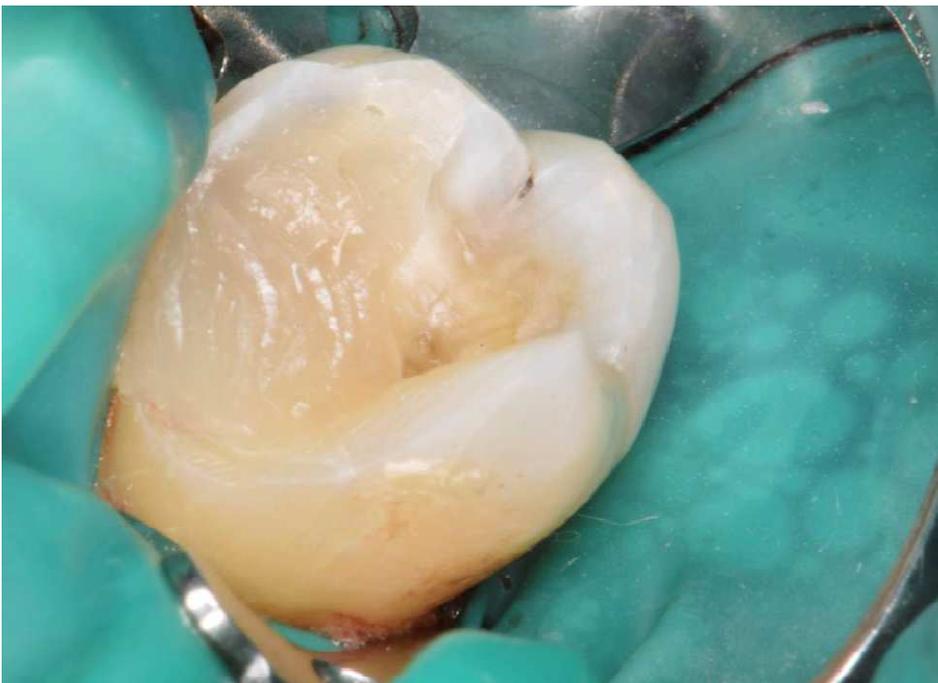
c) Ôtez consciencieusement les excès pour prévenir tout ciment sur l'émail non traité. Pour une bonne adhésion, l'émail doit être traité. Si le ciment déborde sur de l'émail non traité (Fig. 6), l'adhésion risque d'être compromise. Si l'adhésion est compromise, l'humidité va s'infiltrer dans l'espace entre le ciment et l'émail non traité et créer des lignes blanches, et une décoloration au fil du temps. Pour prévenir la décoloration, effectuez un polissage final une fois les excès de ciment retirés.



3/ Exemple d'un cas clinique réalisé au centre de soins dentaires de Nantes

Cas clinique : Exemple de préparation pour un onlay avec une remontée de marche en résine composite dentaire

Le cas suivant est un travail que j'ai réalisé moi-même sous l'encadrement du Dr François BODIC. Les photos qui vont suivre montrent la création de la marche sous champ opératoire, puis le résultat final après préparation de la dent pour recevoir un onlay.





4/ Classification des composites indirects basée sur leur méthode de fabrication (artisanale), leur microstructure et leur mode de polymérisation (59)

Méthode de fabrication	Microstructure	Mode de polymérisation	Nom du produit	Fabricant	Principale composition	
					Matrice	Charges
ARTISANALE	Charges dispersées	Faible	Ceramage & Ceramage up®	Shofu	UDMA (+HEMA en pâte opaque)	Verre silicaté
			Gradia®	GC Corp	UDMA + autre DMA	Inconnu
			Signum®	Heraeus Kulzer	DMA inconnu	Silicate + composite (74% poids)
			Sinfony®	3M- ESPE	UDMA + autre DMA	Base de verre de silicate + silicate
			Solider®	Shofu	UDMA	Inconnu
			SR Nexco®	Ivoclar-Vivadent	UDMA + autre DMA	Silicate (10-50nm) + composite
			VITAVM LC®	VITA Zahnfabrick	BPA + TEGDMA + autre DMA	Inconnu
		Faible + complément de température (procédure de chauffage > 100°C dans un traitement spécifique unique après photopolymérisation)	Estenia C&B®	Kuraray	DMA inconnu (+Bis GMA dans pâte opaque)	Base de verre silicate + alumine (2µm et 2nm) (92% en poids / 82 % en volume)
			SR adoro®	Ivoclar-Vivadent	UDMA + autre DMA	Base silicate composite
			Twiny®	Yamamoto, Precious Metal Co	UDMA + TEGDMA	Silicate (20-100nm) + zircon-alumine-particules de silicate (200-600nm) + nanoparticules agrégées de zircon-silicate-alumine (1-6µm)

5/ Classification des composites indirects basée sur leur méthode de fabrication (industrielle), leur microstructure et leur mode de polymérisation (59)

Méthode de fabrication	Microstructure	Mode de polymérisation	Nom du produit	Fabricant	Principale composition	
					Matrice	Charges
I N D U S T R I E L L E	Charges dispersées	Faible	Paradigm MZ 100 block®	3MESPE	Bis-GMA + TEGDMA	Silicate (0,6µm) + zirconite (0,6µm) (85% poids)
		Haute température	Cerasmart®	GC America	UDMA + autre DMA	Verre silicaté + silicate (20 et 300nm) (71% poids)
			Lava Ultimate®	3MESPE	UDMA	Silicate (20nm) + zirconite (4-11nm) + nanoparticules zirconite-silice (0,6µm) (79% poids)
			Shofu block HC®	Shofu	UDMA + TEGDMA	Base de verre de silicate + silicate (61% poids)
	Polymère infiltré dans un réseau de céramique	Haute température / Haute pression	VITA Enamic®	VITA Zahnfabrik	UDMA + TEGMA	Réseau fritté de céramique vitrée (86% poids / 75% volume)

* Ce réseau est composé de différents oxydes sous forme cristalline et amorphe (silice, alumine, oxyde de sodium, oxyde de potassium, trioxyde de bore, zirconite, oxyde de calcium).

Bis-GMA : Bisphénol A-glycidyl methacrylate

DMA : Diméthacrylate

TEGDMA : triéthylène glycol diméthacrylate

UDMA : urethane diméthacrylate

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

Vu le Président du Jury,

Le Doyen
Pr. Yves AMOURIQ

Vu et permis d'imprimer

Vu le Doyen,

Le Doyen
Pr. Yves AMOURIQ

Y. AMOURIQ

PILATO (Maëva). –Inlays Onlays Composite sur dents postérieures : technique directe versus technique indirecte – 88 f. ; 15 ill. ; 9 tabl. ; 88 réf. ; 30 cm (Thèse : Chir. Dent ; Nantes ; 2017)

RÉSUMÉ

Les inlays-onlays sont des restaurations qui s’inscrivent dans le principe du « gradient thérapeutique ». Il s’agit de pièces prothétiques collées qui sont réalisables par technique directe ou indirecte. La résine composite dentaire est un matériau dont les propriétés biologiques, mécaniques et esthétiques ne cessent d’évoluer. Ce matériau permet la fabrication d’inlay-onlay par les deux techniques. Ce travail permet la comparaison entre ces deux méthodes de réalisation : leur mise en œuvre et des paramètres plus spécifiques.

Au-delà d’un récapitulatif technique basé sur les dernières données de la science, cette thèse ouvre une porte vers l’avenir du composite dans la conception et fabrication assistée par ordinateur.

RUBRIQUE DE CLASSEMENT

Odontologie - Prothèse

MOTS CLÉS MESH:

Collage dentaire / Dental bonding

Matériaux dentaires / Dental materials

Conception assistée par ordinateur / Computer aided design

JURY

Président : Professeur Amouriq Y.

Assesseur : Docteur Bodic F.

Assesseur : Docteur Drugeau K.

Directeur : Docteur Jordana F.

ADRESSE DE L’AUTEUR

59 boulevard Victor Hugo – 44200 Nantes

maeva.pilato@gmail.com