

UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2019

N° 50

THESE

Présentée pour le Diplôme d'État de Docteur en Chirurgie Dentaire
le 9 Juillet 2019

par

BERCEVILLE Jordan

né le 4 Janvier 1991 à Saint-Avold

**RESTAURATIONS ESTHÉTIQUES COLLÉES PAR INLAY-ONLAY
COMPOSITE EN TECHNIQUE SEMI-DIRECTE**

Président : Professeur Youssef HAIKEL
Asseseurs : Professeur Maryline MINOUX
Docteur Sophie BAHY-GROSS
Docteur François REITZER
Membre invité : Docteur Ali SALEHI

À Monsieur le Professeur **Youssef HAIKEL**,

Vous me faites l'honneur de présider ce jury. Je tiens particulièrement à vous remercier pour l'intérêt que vous m'avez porté durant mes cinq années passées à la Faculté. Mais également pour l'enseignement que vous m'avez apporté, autant théorique que pratique, dans les sciences d'Odontologie-Conservatrice. Qu'il me soit permis de vous présenter mes sentiments les plus respectueux.

À Madame le Professeur **Maryline MINOUX**,

Veillez tout d'abord trouver ici ma reconnaissance pour avoir accepté de prendre part à ce jury et d'évaluer mon travail. Je tenais ensuite à vous remercier de m'avoir transmis votre rigueur et de m'avoir fait confiance durant ces trois années cliniques passées dans le service d'Odontologie-Conservatrice. Je vous remercie également d'avoir organisé la Formation Approfondie en Endodontie qui m'a permis de découvrir de nouvelles facettes et de prendre goût à cette spécialité.

À Madame le Docteur **Sophie BAHI-GROSS**,

Vous avez spontanément accepté d'intégrer ce jury et de juger mon travail. Je vous adresse mes plus profonds remerciements pour tout ce que vous m'avez appris en Chirurgie-Orale durant mes années cliniques. J'ai notamment apprécié l'intérêt que vous m'avez porté et le temps que vous avez pris afin de m'enseigner votre spécialité. Vous resterez pour moi La Rock-Star de la Chirurgie-Orale.

À mon Directeur de thèse, le Docteur **François REITZER**,

J'aimerais t'exprimer ma plus grande reconnaissance pour tout l'investissement et le temps que tu m'as accordé. Dès mes débuts en clinique tu m'as permis de progresser et de m'épanouir en OC jusqu'à y trouver une certaine vocation. C'est tout naturellement que tu m'as orienté vers mon sujet de Thèse et que tu as accepté de diriger et de juger mon travail. J'ai beaucoup apprécié ta motivation et le soutien dont tu as fait preuve pour l'élaboration et la rédaction de cette thèse, mais aussi, et surtout, lors des différents cas cliniques et concours que j'ai entrepris en binôme avec toi.

À Monsieur le Docteur **Ali SALEHI**,

Après m'avoir accueilli au sein de votre cabinet en tant que maître de stage, vous avez accepté de rejoindre ce jury en tant que membre invité. Durant cette dernière année, j'ai eu le privilège de bénéficier d'une formation « Over the Shoulder » et surtout de la richesse de vos conseils techniques, clinique et théorique. Je souhaiterais spécifiquement vous remercier pour cette opportunité qui m'a permis de suivre vos traces, de progresser et de perfectionner mes connaissances dans tous les domaines.

À **Maman Coco**, pour tout ce que tu fais au quotidien pour moi, pour tout l'amour que tu m'as donné et que tu me donneras encore. Un jour je te le rendrai. **Ton Aventurier**.

À **Papa**, sans toi je ne serais pas là, je n'aurai pas fait ce choix et je serais peut-être en train de visser des écrous chez Sarplast avec Gwen. « **L'échec n'est pas une option** ».

Aux **Tonic-Brothers**, même si on se fritte autant qu'on s'aime, c'est aussi vous qui me poussez à donner tous les jours le meilleur de moi-même. **Tonic-Brain**.

À **Mamie Ginette**, parce que j'aurai aimé te rendre fière encore une dernière fois.

À **Ma numéro 10, Ma Partenaire de Crime**. Tous les jours tu me supportes et m'écoutes parler de chicots. T'es au point sur la **Rhizalyse**, le Wax-Up et le Full Mock-Up! Sans toi c'est pas pareil, t'es ma go sûre et avec toi j'irai chasser les zombies de Walking Dead.

À **Roger le Caïd**, c'est sûrement grâce à ton **œil monté sur rotule** et tes remarques avisées que j'arrive aujourd'hui à cibler le moindre détail et à chercher la faille!

À **Patmosis** et **Mamie Dragon** pour leur amour et leur soutien. Papy qui m'a fait découvrir le bricolage dans son cagibi et mamie qui m'a initié à la plongé dans son bac de douche.

À **Béa**, toi qui serais prête à t'arracher une dent si j'avais besoin de poser un implant !

À **BBC**, nul besoin de te rappeler qu'il y'a eu « **Before Boomerang and After Boomerang** » pour te dire que ce que je suis aujourd'hui c'est aussi et surtout grâce à toi.

À la **Famille All Coche**, pour leur soutien à distance, leurs encouragements et les moments passés dans le sud. « **Hé bien sùùùurr !!** »

À **Arnaud** et **Guigs** mes potos qui même après les années ne se sont pas encore barrés en courant avec toutes mes blagues pourries. C'est surtout que les vôtres sont encore pires.

À **Jojo la Fritte** pour m'avoir servi de **cobaye** dès le premier jour et m'avoir permis de m'améliorer même pour une simple anesthésie.

À **Gautier, Mon Frère Sûr**, qui fait de nous un meilleur binôme que **Batman et Robin** à l'affût du moindre composite à stratifier et sans qui demain je vais avoir du mal à travailler. Merci pour tout Bro. « On Strattt ou quoi !? »

Aux **Pélos Amine** et **Victor** pour leurs critiques constructives et nos nombreux échanges messenger permettant de garder la motivation MZ au quotidien.

À ceux qui me sont proches et que **j'ai oublié** de remercier parce qu'il est tard et que, comme d'habitude, je suis en retard.

Et enfin, à toutes les autres personnes, famille, amis, patients qui durant ces études m'ont aidé, ou pas, et qui m'ont permis de progresser, de me remettre en question, d'évoluer et de devenir la personne que je suis aujourd'hui.

UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2019

N° 50

THESE

Présentée pour le Diplôme d'État de Docteur en Chirurgie Dentaire
le 9 Juillet 2019

par

BERCEVILLE Jordan

né le 4 Janvier 1991 à Saint-Avold

**RESTAURATIONS ESTHÉTIQUES COLLÉES PAR INLAY-ONLAY
COMPOSITE EN TECHNIQUE SEMI-DIRECTE**

Président : Professeur Youssef HAIKEL
Assesseurs : Professeur Maryline MINOUX
Docteur Sophie BAHY-GROSS
Docteur François REITZER
Membre invité : Docteur Ali SALEHI

TABLE DES MATIÈRES

Table des figures	4
Introduction	6
1. Restaurations adhésives en technique directe	8
2. Restaurations adhésives en technique indirecte	11
3. Restaurations adhésives en technique semi-directe.....	13
I. L'inlay – Onlay « semi-direct »	16
1. Revue de littérature.....	16
1.1. Semi-direct Intra-oral	17
1.2. Extra-oral	20
2. Principes de base	24
2.1. Indications générales des techniques semi-directes	24
2.2. Taille et préparation de la dent.....	24
2.2.1. Taille pour Inlay/Onlay	24
2.2.2. Taille pour Overlay/Venerlay.....	27
2.2.3. Préparation des zones proximales et finitions.....	28
2.3. Empreinte.....	28
2.4. Montage de la pièce prothétique.....	30
2.4.1. Stratification classique.....	30
2.4.2. Stratification simplifiée et Lignes Essentielles.....	30
2.5. Post polymérisation.....	31
2.6. Protocole de collage	32
2.6.1. Isolation de la préparation.....	32
2.6.2. Collage de la restauration.....	33
2.6.3. Finition, polissage et contrôle occlusal.....	36

II.	Optimisation.....	40
1.	Obtention du MPU avec DIE et gestion Zone proximale	40
1.1.	Die Flexible.....	41
1.2.	Die LEGO®	43
2.	Déformation du modèle	44
2.1.	Injection du silicone light rigide	45
2.2.	Déformation dû à la base souple	45
3.	Occlusion.....	47
3.1.	Antagoniste silicone ou plâtre rapide	47
3.2.	Occlusion guidée	47
3.3.	Occlusion virtuelle	49
III.	Discussions	53
1.	Quelle est la place de la technique semi-directe aujourd’hui ?.	53
1.1.	Etat des lieux de la technique semi-directe.....	53
1.2.	Evolution des résines composites	54
1.2.1.	Les Composites chargés.....	55
1.2.2.	Modification de la matrice résineuse.....	57
1.2.3.	Taux de conversion.....	58
1.3.	Intérêts de la méthode semi-directe	60
2.	Impact de la nouvelle convention dentaire	63
2.1.	Nouvelle convention dentaire	63
2.2.	Tarifcation et apport de la technique semi-directe.....	64
	Conclusions	66
	Bibliographie.....	69

TABLE DES FIGURES

Figure 1: Restaurations sectorielles - Quelles thérapeutiques choisir?	7
Figure 2: Restauration composite en méthode directe.....	8
Figure 3: Indications générales des techniques directes	9
Figure 4: Collage d'Inlay/Onlay céramique en technique indirecte (Avec la courtoisie du Dr Figué).....	11
Figure 5: Remplacement d'un Inlay (Disilication de lithium - CFAO) fracturé par un Inlay semi-direct.....	13
Figure 6: Graphique représentant le nombre de publications anglophones sur la technique semi-directe depuis 1988.....	16
Figure 7: Formes générales à respecter pour éviter le coincement de la pièce en méthode intra-orale.	17
Figure 8: Graphique montrant le nombre de publications de la méthode intra-orale (fuschia) en comparaison à la méthode extra-orale (bleu) ...	18
Figure 9: Cavité isolée par une bande de Teflon permettant la désinsertion de la restauration (Avec la courtoisie du Dr Reitzer).....	19
Figure 10: Classification des différents types de restaurations existantes selon Alharbi A et al.	21
Figure 11: Proposition de modification de la classification des différents types de restaurations existantes.....	23
Figure 12: Cavity Design Optimisation: Comblement des contres dépouilles par un matériaux composite.....	25
Figure 13: Dimensions de taille pour inlay/onlay.....	26
Figure 14: Evaluation des parois.....	27
Figure 15: Préparation pour overlay avec limite périphérique en congé	27
Figure 16: A Images MEB (INSERM UMR-S 1121).....	28
Figure 17: A Photos empreintes.....	29

Figure 18: Tracé des Lignes Essentielles	30
Figure 19: Montage d'une restauration en composite en technique Lignes Essentielles	31
Figure 20: A Polymérisation initiale par lampe à photo-polymériser ; B Post-polymérisation dans un four dédié.	32
Figure 21: Traitement de la surface prothétique: Sablage de l'intrados et silanisation.	33
Figure 22: Elimination des excès par la technique d'Essuyage Modifié	35
Figure 23: Polymérisation sous eau pour supprimer la couche inhibée par l'oxygène (Avec la courtoisie de Gautier Rapp)	36
Figure 24: Cas clinique : Traitement par inlay en technique semi-directe	38
Figure 25: MPU (de haut en bas): Plâtre sans DIE ; Flexible double base ; Die Lego.	41
Figure 26: DIE Lego permettant un accès aisé aux limites grâce aux incisions et aux plots de repositionnement.	42
Figure 27: MPU Flexible double base: déformation plastique.....	42
Figure 28: Avantages / Inconvénients des différents MPU.....	44
Figure 29: Défaut d'adaptation de la pièce prothétique.....	44
Figure 30: Déformation de l'empreinte lors de la conception du MPU	46
Figure 31: Technique d'occlusion guidée par guide antagoniste	48
Figure 32: Evaluation du volume disponible à la stratification.....	48
Figure 33: Cas Clinique Die Lego & Occlusion Guidé.....	51
Figure 34: Evolution des résines composites depuis leur apparition	54
Figure 35: Les différents types de résines composites chargées.	55
Figure 36: Avantages et Inconvénients des techniques de restaurations	63

Introduction

L'évolution, au fil des années, des techniques de prévention de l'hygiène bucco-dentaire, a permis une réduction de l'indice carieux¹ de la population générale. Le recours à des soins prothétiques de grande ampleur n'est alors plus justifié. Les dogmes anciennement enseignés sont remis en cause et le secteur de la dentisterie restauratrice profite de ce changement pour prendre de l'ampleur. Depuis 1960, les avancées technologiques liées aux matériaux utilisés et aux techniques de mise en œuvre ont ouvert la voie aux restaurations adhésives².

Les matériaux métalliques conventionnels sont aujourd'hui délaissés au profit de la résine et de la céramique. L'amalgame est susceptible d'induire fissures et fractures³⁻⁵ de la dent ou encore des dyschromies des tissus dentaires. Les obturations par inlay/onlay en or requièrent des préparations jugées trop mutilantes et ne respectent pas une approche conservatrice. Les protocoles de mise en place de ce type de restauration sont exigeants et les échecs par descellements ou récurrences sont fréquents lors d'inlays/onlays de qualité médiocre.

De plus, la nocivité de ces matériaux placés en bouche est de plus en plus controversée. Les patients, davantage préoccupés par l'esthétique, la toxicité du mercure ou des produits utilisés en viennent à refuser certains matériaux et techniques de restauration.

Dans une approche toujours plus conservatrice et guidée par le bio-mimétisme, la recherche de restaurations les plus naturelles possible est devenue un critère essentiel. Profitant de l'évolution constante des nouveaux matériaux et notamment des résines composites et de la céramique, les restaurations esthétiques collées répondent parfaitement à cette tendance actuelle.

Les principes de restaurations ont évolué et aujourd'hui c'est la technique de réhabilitation qui doit être adaptée au patient et à la situation clinique, pas le contraire. Pour répondre à ce besoin, trois catégories de restaurations adhésives sont possibles⁶ possédant chacune des avantages et des inconvénients. La technique directe, réalisée uniquement en intrabuccale et en une seule séance. La technique indirecte, faisant intervenir les compétences d'un laboratoire de prothèse et se réalisant en deux séances.

La technique semi-directe impliquant des étapes intra-buccales puis extra-buccales afin de réaliser au fauteuil, en une seule séance, la restauration.

Pour tout protocole d'adhésion, l'utilisation d'une digue pour assurer l'étanchéité du champ opératoire⁷ et un collage au sec est indispensable. Les valeurs d'adhésions en sont optimisées et la contamination par la salive de la préparation ainsi que l'ingestion de produits chimiques par le patient sont également évitées.

Aucune de ces thérapeutiques ne peut répondre idéalement à chaque situation clinique rencontrée. C'est au praticien d'analyser le contexte et de prendre la décision concernant la technique et les matériaux à utiliser pour assurer la réussite du traitement (Figure 1).

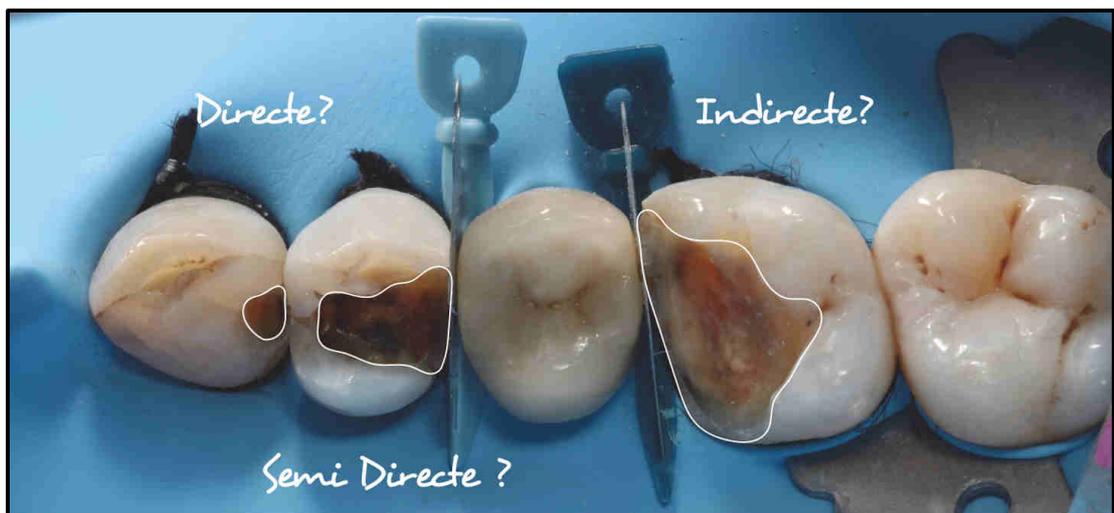


Figure 1: Restaurations sectorielles - Quelles thérapeutiques choisir?

1. Restaurations adhésives en technique directe

La technique directe (Figure 2) est la plus répandue dans les cabinets dentaires actuellement. Elle dispose de plusieurs stratégies de mise en œuvre allant des plus simples, en « masse unique », comme les plus recherchées, « techniques des trois sites⁸ ».



Figure 2: **A** Cavité moyenne de classe I ; **B** Restauration composite en méthode directe.

L'indication générale de la méthode directe comprend les restaurations préventives et obturations de petites et moyennes cavités de classes I et II (Figure 3). Le matériau utilisé, la résine composite, possède l'inévitable inconvénient de retrait à la polymérisation qui doit dans la mesure du possible être compensé par une technique de stratification. Si ce retrait n'est pas anticipé, des contraintes internes se créent induisant des micro-fractures et hiatus qui peuvent engendrer des sensibilités post-opératoires. Pour pallier ce phénomène, plusieurs propositions ont été décrites. La

polymérisation progressive en technique multicouche⁹ (horizontale, oblique, technique des trois sites¹⁰), l'utilisation d'embouts de condensation et de polymérisation simultanées¹¹ ou encore les inserts en céramique préformés¹² diminuant le volume de composite à placer. La technique en masse unique est à réserver pour les restaurations préventives et obturations de très faible volume où plusieurs apports ne seraient pas possibles. Bien que de nouveaux composites de restaurations dits « Bulk-Fill » font leur apparition sur le marché, favorisant le remplissage de cavités moyennes de classe I et II en un seul apport¹³, leur efficacité reste encore actuellement controversée. Une stratification oblique sera à privilégier pour les cavités moyennes de classe I et une restauration en technique sandwich¹⁴, ouverte ou fermée associée à une stratification oblique est recommandé pour les cavités de classe II.

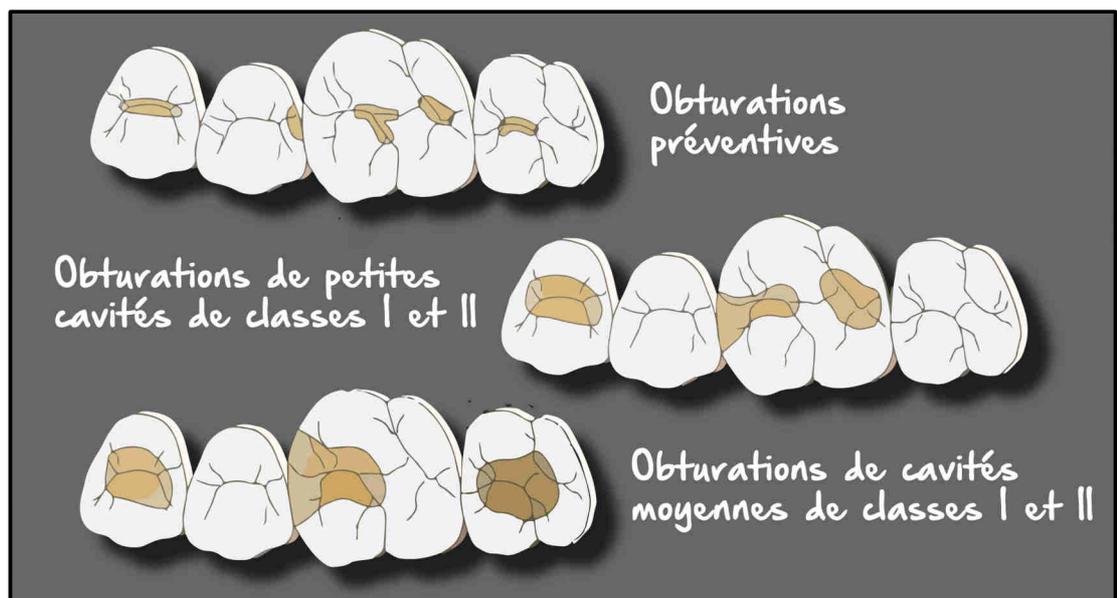


Figure 3: Indications générales des techniques directes.

Le critère esthétique et la recherche du bio-mimétisme est assuré par les nouveaux composites hybrides micro et nano chargés combinés à une technique de stratification¹⁵ par masses dentine et email reproduisant le schéma naturel d'une dent. La morphologie occlusale est délicatement sculptée avec des instruments dédiés et les sillons maquillés avec des colorants. Ces nouveaux composites se démarquent par leurs propriétés optiques et aptitudes au polissage optimales.

La contraction de prise du composite rend également difficile la gestion du point de contact en cas de restauration de classe II. Il s'agit du deuxième inconvénient majeur de cette méthode de restauration. Pour compenser ce retrait et obtenir un point de contact ainsi qu'une émergence proximale satisfaisante, le recours à des coins de bois, des matrices circonférentielles ou sectionnelles et/ou des anneaux écarteurs s'avère nécessaire. Les systèmes dédiés, type *Palodent V3* (Dentsply-Sirona, États-Unis) ou *Composi'Thight 3D* (Garrison, Allemagne), offrent une solution tout-en-un pour la gestion du point de contact qui parfois s'avère délicate.

La technique de restauration directe permet certes une restauration rapide et peu coûteuse pour le patient, mais elle n'en reste pas moins exigeante pour le praticien désirant réussir ses soins conservateurs.

2. Restaurations adhésives en technique indirecte

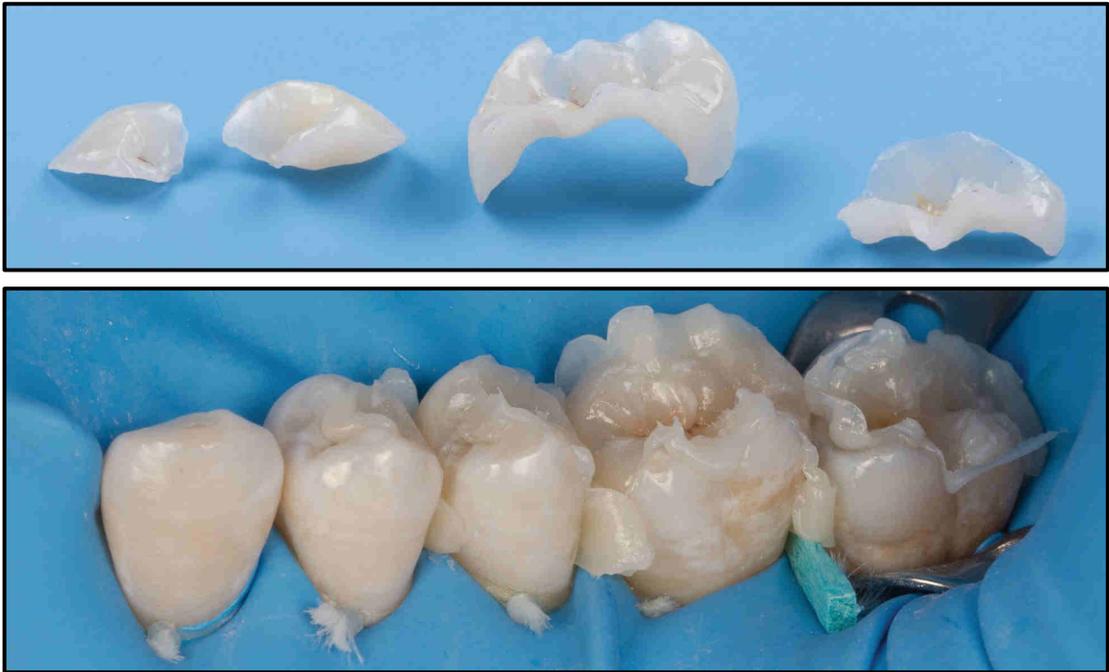


Figure 4: Collage d'Inlay/Onlay céramique en technique indirecte (Avec la courtoisie du Dr Figué).

La technique directe décrite précédemment n'est pas adaptée pour traiter des cavités volumineuses de classe II notamment avec perte d'une ou plusieurs cuspidés. La réalisation de restaurations multiples de classe II ou étendues sur un secteur est également déconseillée en technique directe. Une approche indirecte faisant intervenir une étape de laboratoire permet de prendre en charge plus facilement les restaurations en série ou d'arcade qui peuvent se révéler être un vrai défi (Figure 4). Pour ces soins étendus, le critère esthétique, mais également l'adaptation et le collage de la restauration sont primordiaux pour atteindre ses objectifs. La restitution de la fonction masticatoire et de l'occlusion avec ses composantes statique et dynamique doit également rentrer en ligne de compte. Un travail hors bouche sur modèles montés en articulateur facilite le travail et permet une réelle réflexion de conception.

La technique directe ne permet pas cette prise en charge et il est nécessaire d'avoir recours aux techniques indirectes, plus coûteuses, nécessitantes au minimum deux séances de travail (taille et empreinte puis collage) et un protocole de mise en place plus lourd.

En technique de restauration indirecte, les matériaux métalliques ont laissé place aux résines composites et à la céramique. Ce choix est devenu complexe depuis l'évolution des propriétés physico-chimiques, de la résistance à l'usure et des qualités esthétiques des matériaux composites. Dans le cas de reconstitutions moyennes par inlays d'un secteur étendu, les nouvelles résines composites micro-hybrides et micro-hybrides nano-chargées sont adaptées. Le choix de la céramique pour la réalisation de ces pièces prothétiques est envisageable, mais la question du coût supplémentaire à leur conception entre alors en jeu. De plus, l'inlay en céramique, plus rigide que celui en résine composite, est théoriquement moins apte à absorber les contraintes fonctionnelles et les transmettrait plus facilement à la dent¹⁶. Le choix de l'inlay composite n'est pas toujours évident et le praticien doit analyser la situation et adapter le matériau de restauration à la situation clinique.

L'utilisation d'inlays /onlays en céramique est justifiée pour les cas de restauration volumineuse de classe II (avec ou sans perte de volume cuspidien) unitaire ou en série. Dans le cas de recouvrement total de la table occlusale de dents pulpées ou déulpées par overlay, la céramique est préférée pour ses propriétés mécaniques. Si un cerclage d'email est observable, la pièce peut être collée et éviter au praticien d'avoir recours à une couronne prothétique conventionnelle pour restaurer la dent.

Le collage de restaurations indirectes doit se faire sous digue tout en suivant un protocole rigoureux afin d'assurer leur longévité et éviter un décollement prématuré. La rétraction de prise à la polymérisation est limitée au joint de colle entre la pièce et la préparation, ce qui a pour avantage de réduire considérablement les contraintes transmises à la dent.

La pièce prothétique est réalisée au laboratoire par le prothésiste sur un maître modèle en plâtre. La réalisation de DIE permet d'ajuster correctement les points de contact et de pouvoir contrôler les zones d'émergences proximales.

La technique indirecte pour cavités de classe II, de taille moyenne à volumineuse, permet d'obtenir des restaurations de qualité supérieure. La gestion de la fonction est plus aisée, les finitions sont plus précises et le soin est plus pérenne dans le temps. En revanche, elle impose un coût financier plus élevé, deux séances cliniques au minimum et une procédure de mise en œuvre plus complexe.

3. Restaurations adhésives en technique semi-directe



Figure 5: Remplacement d'un Inlay (Disilication de lithium - CFAO) fracturé par un Inlay semi-direct.

Pour les restaurations moyennes de classe I, la méthode d'obturation directe ne permet pas de contrôler parfaitement la contraction de polymérisation ni l'adaptation et l'étanchéité des bords. Seule une pièce collée permet de compenser convenablement ces phénomènes physiques. Tant que des adhésifs et matériaux sans contractions de prises à la polymérisation ne seront pas disponibles sur le marché, cette affirmation restera vraie.

La réussite de la morphologie, de la gestion occlusale et des contacts proximaux en restaurations moyennes de classe II en technique directe est également un challenge. Toutes ces difficultés ont mené au développement des techniques semi-directes dans le but d'optimiser les restaurations volumineuses de classes I et II (Figure 5). On parle de restaurations collées, réalisées directement au fauteuil « Chairside », en une seule séance, avec des étapes intra-buccales et extra-buccales.

En fonction de la situation clinique, deux possibilités sont envisageables. Une pièce prothétique semi-directe réalisée en technique intra-orale ou extra-orale. Dans la méthode intra-orale, l'inlay en composite est réalisé directement dans la cavité préparée, puis désinsérée, traitée et enfin collée. La méthode extra-orale fait intervenir une étape supplémentaire d'empreinte de la préparation afin de réaliser un modèle positif unitaire (MPU) sur laquelle la pièce sera montée en composite, traitée puis collée.

Des cavités volumineuses, de formes simples (respectant certains critères), de classe I ou II avec une bonne accessibilité, peuvent être traitées par des inlays composites intra-buccaux. Si les cavités sont volumineuses, sans restriction de formes, avec une dépouille plus faible et dont l'accès est complexe, alors une approche avec des inlays-onlay composites extra-buccaux est préférable.

Le premier concept répond aux problèmes de contraction de prise, mais ne permet pas de gérer facilement l'émergence proximale, les points de contact, la morphologie occlusale et la gestion des points de contact. En revanche, l'approche extra-orale et l'obtention d'un MPU permet théoriquement de s'affranchir de ces inconvénients et de tendre vers le processus que le prothésiste suit en technique indirecte.

La méthode semi-directe peut être décrite comme un compromis entre l'approche directe et l'approche indirecte. Elle s'inspire des avantages de ces deux techniques en limitant certains de leurs inconvénients.

I. L'inlay – Onlay « semi-direct »

1. Revue de littérature

Les restaurations collées en composite par technique semi-directe ont été décrites pour la première fois en 1988 par Kanca J.¹⁷ puis longuement développées et popularisées par Spreafico R and Dietschi D. en 1996¹⁸. Les premiers écrits mettent en avant la fabrication d'une pièce prothétique à coller que le dentiste réalise soi-même façon chairside. C'est l'affranchissement de la partie laboratoire et la réduction du nombre de séances qui séduisent, permettant une réduction du coût de ce type de restauration. Dans les premiers ouvrages étudiés, deux approches du semi-direct sont détaillées. Le principe « intra-oral » où la pièce est fabriquée directement dans la cavité et le principe « extra-oral » avec l'utilisation d'un maître modèle pour la réalisation du composite en chairside.

Depuis 1988 la technique semi-directe a peu été publiée. Un recensement de toutes les publications anglophones traitant de cette méthode a été réalisé (Figure 6). Avec l'avènement des techniques CFAO, le semi-direct pourrait tendre à disparaître, ce qui semblait être le cas depuis le début des années 2000. Pourtant depuis 2014 une réelle augmentation des articles traitant de ce sujet est observable.

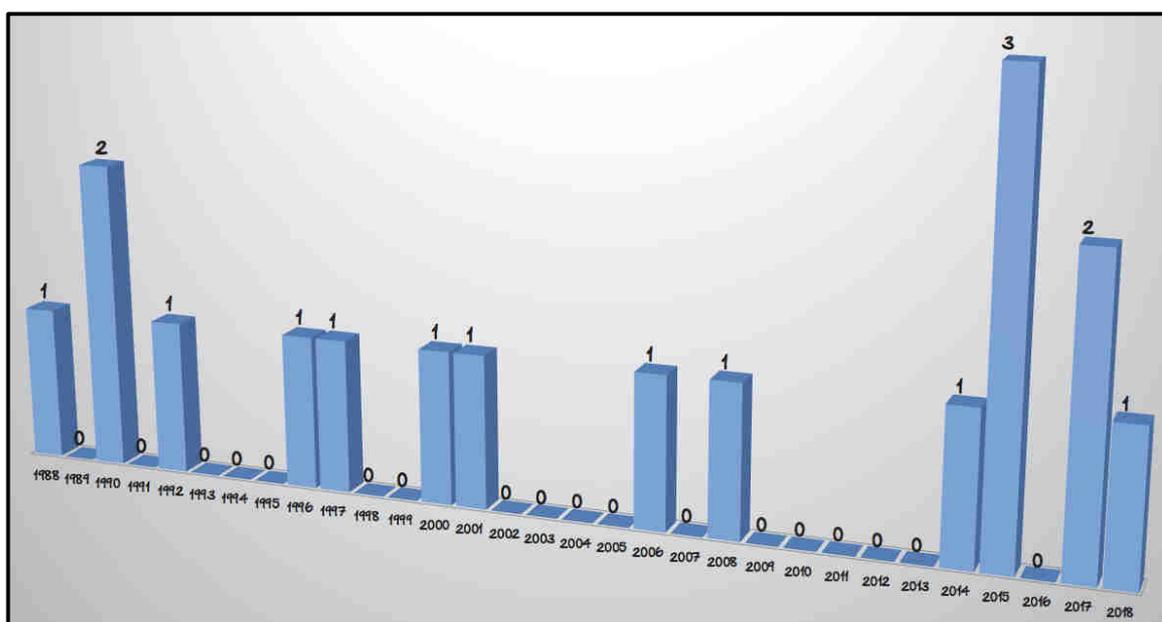


Figure 6: Graphique représentant le nombre de publications anglophones sur la technique semi-directe depuis 1988.

Semi-direct Intra-oral

La première description de la technique semi-directe intraorale s'est faite en 1996 par Spreafico R. et Dietschi D¹⁹. On y retrouve les premières explications et les premiers cas cliniques publiés.

Les auteurs déconseillent de traiter les cavités à 3 faces ou de formes complexes en raison de la contraction de prise du composite qui tendrait à bloquer la restauration dans la cavité (Figure 7). Les cavités doivent être de forme simple, avec une dépouille suffisante et les finitions faites à la fraise bague rouge pour limiter les micro-rétentions sur les parois. L'isolation des surfaces cavitaires et mise en avant et l'utilisation de gels spécifiques est préconisé *Separator* (Coltene, Suisse). Les articles conseillent de monter la face manquante en premier pour coffrer la cavité, puis de réaliser en un ou deux apports de composite le reste de l'inlay. Après polymérisation de l'ensemble, la pièce est retirée et les retouches, réglages des contacts proximaux et caractérisation de la morphologie occlusale, sont possibles.

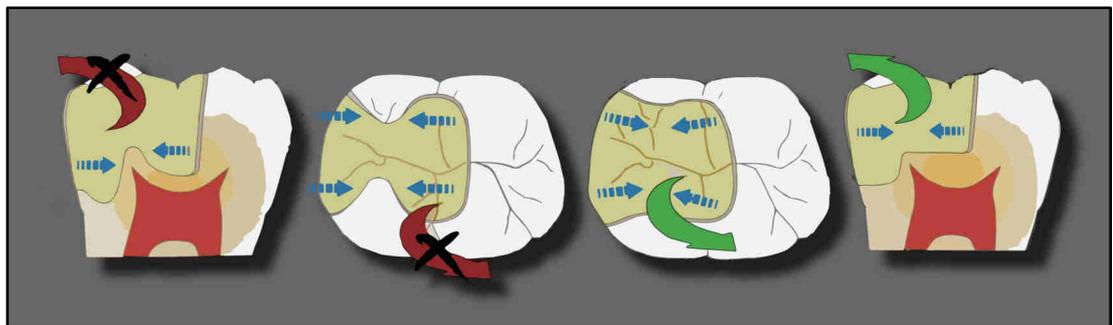


Figure 7: Formes générales à respecter pour éviter le coincement de la pièce en méthode intra-orale.

Tay FR et Wei SH¹²³ parlent de l'utilisation d'un composite micro-hybride pour la réalisation de restaurations postérieures en substitut des restaurations en céramiques, plus coûteuses et plus exigeantes dans leur réalisation. La méthode intraorale est décrite comme particulièrement utile dans le cadre de restaurations de classe II de taille moyenne avec un risque carieux individuel élevé où les limites sont complètement dentinaire²⁰. Cependant, bien que l'esthétique finale obtenue grâce au composite micro-hybride soit prometteuse, les auteurs avouent ne pas avoir assez de recul clinique concernant les propriétés mécaniques et la durabilité pour ce type de restaurations.

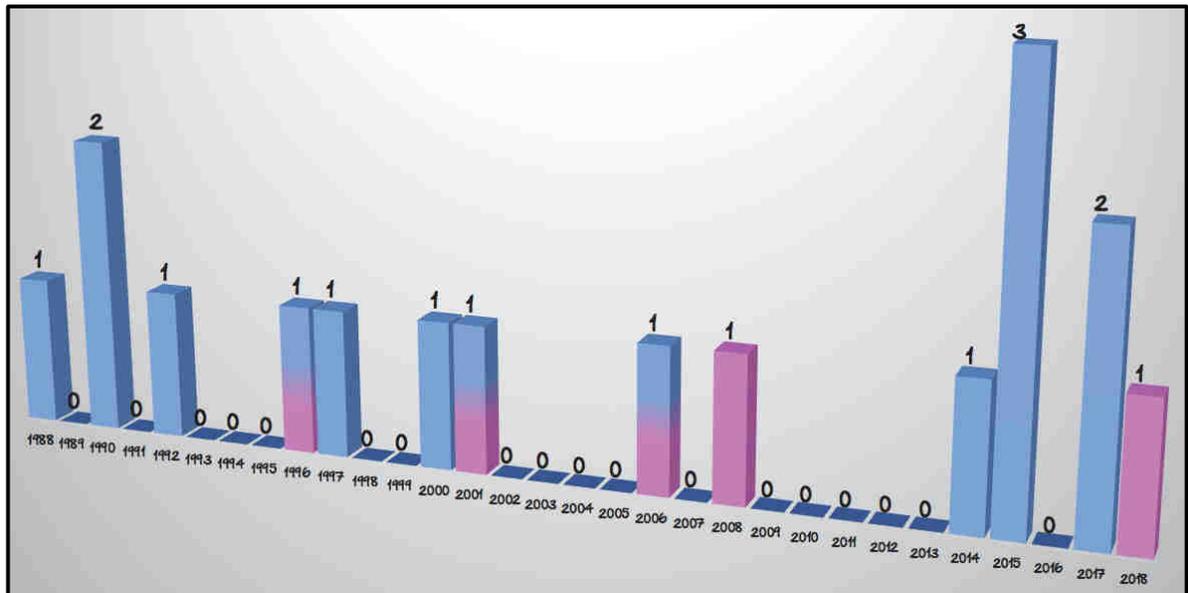


Figure 8: Graphique montrant le nombre de publications de la méthode intra-orale (fuschia) en comparaison à la méthode extra-orale (bleu).

La technique semi-directe intra-orale reste peu étudiée (Figure 8). Depuis ses prémices et jusqu'en 2008 seules 4 publications sont recensées, et ce, avec un second rôle. Cependant, un article récent²¹ (2018) mené par Magne P. et son équipe traite de l'aspect intraoral entre autres. Trois techniques de restaurations de larges cavités MOD, direct, semi-direct (intraoral et extraoral) et CAD/CAM sont analysées afin d'étudier leurs performances mécaniques et leurs propensions aux fissures amélaire. L'étude conclut sur l'existence d'excellentes performances mécaniques des techniques indirectes face à des charges occlusales masticatoires physiologiques. Les restaurations directes se comportent de la même manière lorsqu'un composite renforcé en fibres de verre est utilisé pour construire la pièce prothétique.

Dans la description de la méthode intra-orale, une suggestion introduite dans l'article est à relever. L'utilisation d'une bande de téflon est proposée afin d'isoler la cavité et de pouvoir désinsérer facilement la pièce sans polluer les surfaces (Figure 9). Cette pratique, uniquement menée ex-vivo, s'avère délicate à réaliser en bouche. La mise du téflon dans la cavité est complexe et ne permet pas de voir précisément les structures anatomiques de la dent ni clairement les limites de la préparation.

La méthode intra-orale, bien que peu coûteuse, précise et rapide reste peu pratique et est souvent délaissée au profit de la méthode extra-orale.



Figure 9: *Cavité isolée par une bande de Teflon permettant la désinsertion de la restauration.*

1.1. Extra-oral

C'est en 1988 que les restaurations semi-directes en composites de type inlays/onlays font leur apparition dans la littérature¹⁷. Kanca J, y expose l'intérêt de cette nouvelle approche de restauration avec une séance de soin unique, des matériaux peu coûteux, et des avantages pour le patient et le praticien. Une empreinte sectorielle en silicone PVS (polyvinyl siloxane) est effectuée et le maître modèle est coulé dans un plâtre dur. La pièce est ainsi fabriquée sur le plâtre sans se soucier de la gestion proximale ni de l'occlusion.

En 1990, Nash RW et Rhyne KM proposent une nouvelle technique¹²² de conception d'inlay/onlay composite en méthode indirecte utilisant un modèle flexible facilitant la désinsertion de la pièce après stratification.

Spreafico R. et Diestchi D. approfondissent grandement le sujet¹⁹ en 1996 en y détaillant tout le protocole clinique étape par étape. Une première optimisation est présentée avec la description d'un MPU en silicone afin de créer un « die » de la dent à traiter. Une empreinte sectorielle en alginate permet de concevoir le modèle de la préparation en silicone light et en effectuant deux incisions au bistouri en interproximal, on obtient alors un « die » permettant l'accès aisé à la zone cervicale proximale.

La prise en charge de l'occlusion, jusqu'alors considérée comme un des désavantages de cette technique, est approfondie en 1997 par Liebenberg WH.²² Un MPU articulé est proposé afin de gérer directement les rapports occlusaux hors bouche. Une empreinte de type « mordu » est réalisée afin d'obtenir l'enregistrement rapide et précis²³ de la partie antagoniste à la zone de travail. Liebenberg suggère l'utilisation d'un matériau polyéther *Impregum* (3M ESPE, Etats-Unis) pour éviter la fusion avec le silicone PVS *MACH-2* (Parkell, Etats-Unis) qui compose le MPU : ce qui compromettrait sa désinsertion. Le silicone injecté dans les deux côtés de l'empreinte est rapidement recouvert de silicone VPS *Super-Fast Blu-Mousse* (Parkell, Etats-Unis) afin de créer une base et l'ensemble est positionné de manière adéquate dans l'articulateur en plastique. Après réticulation des matériaux, le porte-empreinte est

retiré et le modèle articulé contrôlé et validé. Le montage de la restauration peut alors se faire en contrôlant les volumes disponibles et les contacts occlusaux directement ajustés sur le modèle avant collage. Avec cette approche, un réel travail de laboratoire de type restauration indirecte est donc réalisé de manière chairside par le praticien.

Après ce dernier article de 1997, comme pour la méthode intraorale, peu de publications sont apparues et il faut attendre 2014 pour retrouver des articles traitant de techniques semi-directes dans la littérature. Alharbi A., Rocca GT., Dietschi D., et Krejci I. publient²⁴ une revue des différents protocoles cliniques existants. Une classification des différents types de restaurations existantes est également proposée (Figure 10).

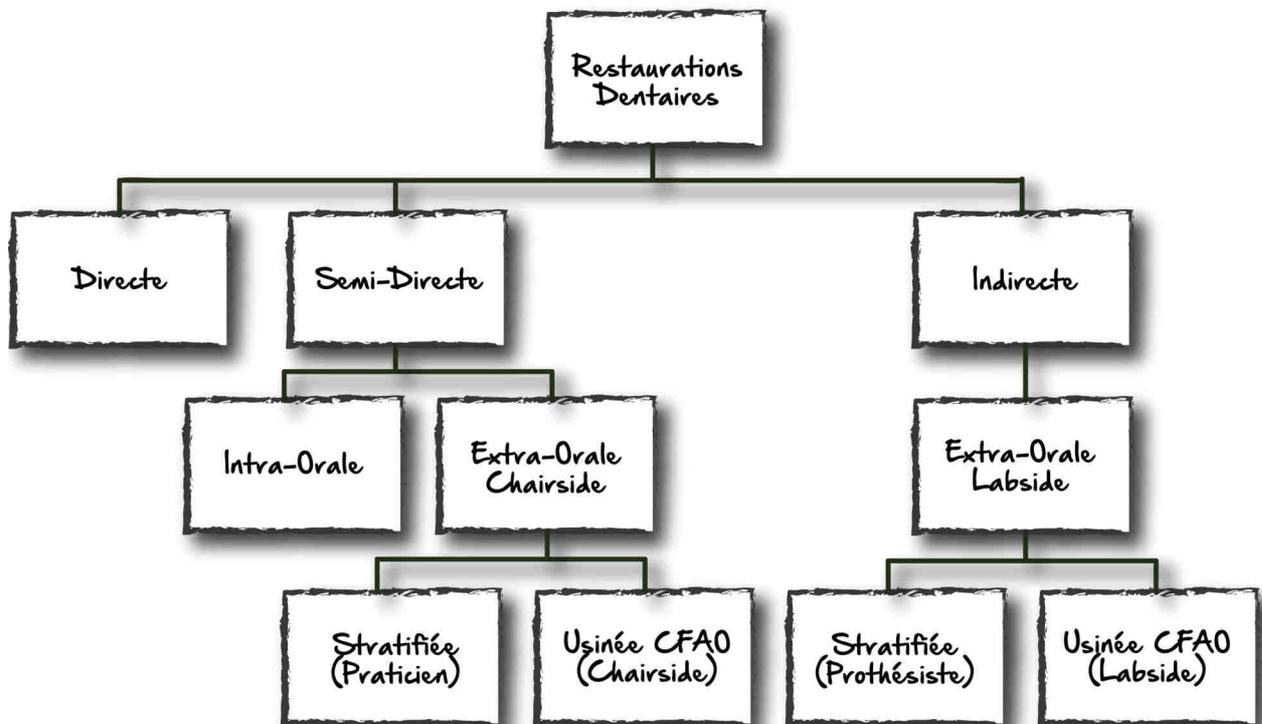


Figure 10: Classification des différents types de restaurations existantes selon Alharbi A et al.

En se basant sur leur classification, les restaurations de type CAD/CAM sont également classées dans la catégorie semi-directe. Or, aujourd'hui, ce type de restauration est répertorié comme de l'indirect avec une dimension soit chairside soit labside.

Une modification de cette classification peut être apportée en insistant sur la conception extraorale avec une branche « indirect / extraoral chairside et ce indépendamment du type de modèle utilisé silicone, plâtre ou numérique (Figure 11).

En 2015, une comparaison des contraintes au sein de molaires restaurées par techniques directes, semi-directes et indirectes en composite est proposée²⁵. Cette étude inclut les contraintes de polymérisation du composite et les contraintes lors des cycles masticatoires. Dejak B. et Młotkowski A. montrent que le stress transmis aux tissus dentaires et dans les restaurations elles-mêmes est bien supérieur en technique direct. Les contraintes au niveau de l'interface dent/composite sont inférieures dans le cas d'inlays/onlays et ce type de restauration est moins sujette à l'apparition de microfissures.

Le niveau de stress de polymérisation influe directement sur les contraintes transmises aux tissus dentaires lors de composites en méthode directe, alors que son impact sur les restaurations collées type inlays/onlays est insignifiant.

Papazoglou E. et Diamantopoulo S. proposent une nouvelle version modifiée de la technique semi- directe²⁶. L'injection d'un silicone à prise rapide (Mach-2) au niveau de la préparation puis d'un plâtre dur recouvrant l'ensemble de l'arcade dentaire donne lieu à un MPU bicomposé. Ce modèle est monté rapidement en articulateur *Gypsum-free MagicArt-2* (Alphadent Co, Korea) et permet de construire la restauration avec une gestion directe de l'occlusion.

Cette proposition de modification de la technique, bien que théoriquement plus précise, semble plus chronophage et difficile à mettre en place que la mise en articulateur suggérée par Liebenberg en 1997.

Éloignées des restaurations postérieures vues jusqu'alors, en 2015 Tonetto MR. et ses collaborateurs se penchent sur la technique semi-directe adaptée au secteur antérieur²⁷. Une approche pluridisciplinaire avec les traitements ODF permet de rendre service dans le cadre d'agénésies simples et/ou multiples. L'âge étant un facteur limitant dans le choix des traitements esthétiques, l'utilisation de restaurations semi-directes est un choix idéal dû à leur faible coût, leurs propriétés esthétiques et mécaniques optimales. De plus, le temps de travail limité en bouche est un atout chez les jeunes patients.

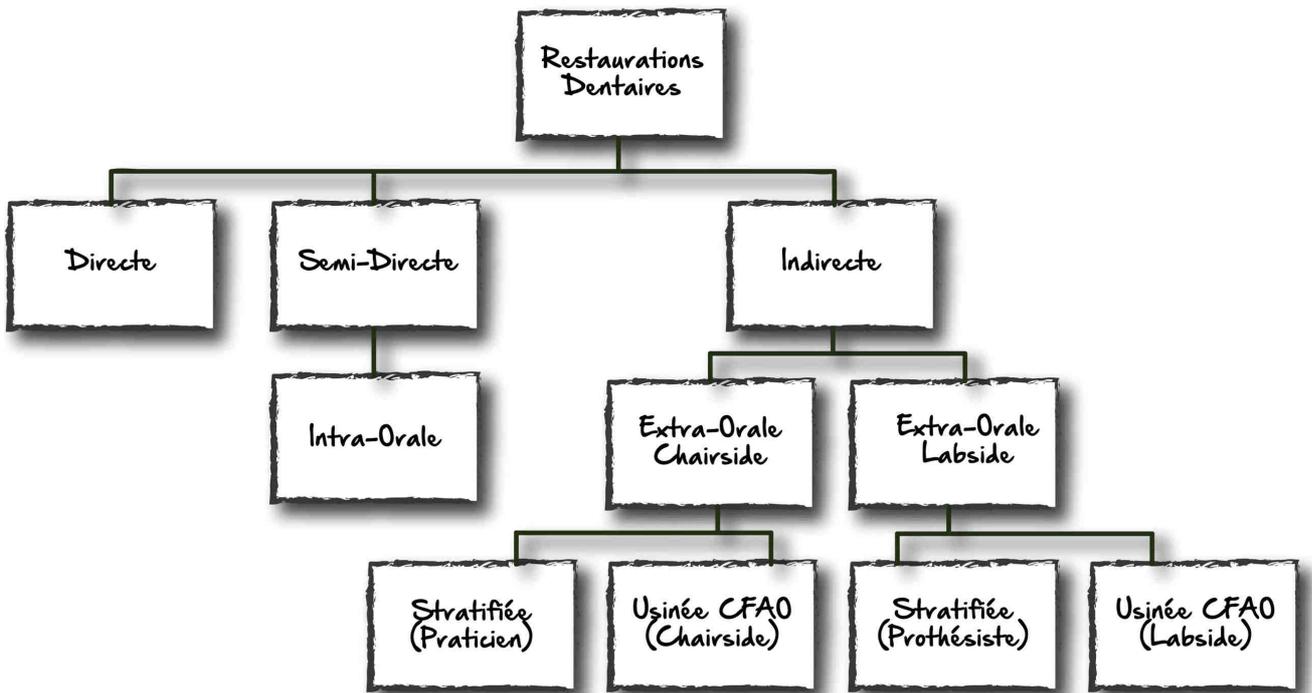


Figure 11: Proposition de modification de la classification des différents types de restaurations existantes.

La dernière publication traitant de la méthode semi-directe date de 2017²⁸. Torres CRG. et son équipe publient une série de cas cliniques avec l'utilisation de dies en silicones pour des restaurations larges en secteur postérieur. Le nouveau système *GrandioSO Inlay System* (Voco, Allemagne) est mis en avant. Ce coffret, développé pour la réalisation de restaurations semi-directes contient tous éléments nécessaires de la conception du MPU au collage et jusqu'à la finition puis polissage de la restauration. Le silicone spécifique injecté dans une empreinte alginate de la préparation permet l'obtention d'un MPU en silicone précis et extrêmement rigide. Une incision franche en inter-proximal de part et d'autre de la dent préparée donne l'obtention d'un die unitaire qui offre l'accès libre aux émergences proximales. Pratique dans la réalisation clinique, ce protocole ne prend pas en compte la gestion de l'occlusion et la gestion des points de contact n'est pas optimale.

2. Principes de base

2.1. Indications générales des techniques semi-directes

Lorsqu'une lésion est trop volumineuse ou qu'il s'agit d'un remplacement de restaurations sur un nombre limité de dents, l'indication de la technique semi-directe trouve tout son sens. La méthode d'obturation directe pouvant être très vite limitée par la taille et la localisation la cavité à restaurer, il convient alors de passer par une pièce collée et de bénéficier de tous ses avantages. Il est également possible de restaurer un secteur peu étendu et de profiter d'une même empreinte et même séance pour l'ensemble du traitement. L'affranchissement de l'intervention d'un laboratoire de prothèse permet de réduire le nombre de séances, habituellement fixées à deux (préparation/empreinte puis collage), mais surtout de réduire le coût de revient. Cette option peut également être favorable chez de jeunes patients, avec un nombre limité de dents à traiter, afin de différer la pose d'une restauration collée en céramique.

La restauration de cavités de classe II en technique directe impose la gestion technique du point de contact en proximal. Cette étape clé de la restauration est facilitée et plus abordable en technique indirecte, avec un montage de la pièce sur un modèle au laboratoire.

La contraction de prise du composite lors de la polymérisation en technique d'obturation directe est importante et mal contrôlée, notamment lors de restaurations de classe I (Figure 24-A) avec un facteur de configuration défavorable.

Ce phénomène peut mener à des défauts d'adaptations et des manques d'étanchéités impactant le résultat final de la restauration ainsi que sa longévité. Ici aussi, une thérapeutique incluant une pièce prothétique collée permet de mieux aborder la problématique en limitant la contraction de prise au joint de colle.

2.2. Taille et préparation de la dent

2.2.1. Taille pour Inlay/Onlay

D'un point de vue mécanique, que ce soit pour l'insertion de la pièce, résistance globale de la dent à la fracture, il est nécessaire de respecter certains principes géométriques de préparations lors de la taille de la cavité. Une divergence de 10 degrés

ou plus est admise¹⁹ pour la réalisation d'inlay/onlay permettant alors une insertion aisée de la pièce au moment de l'essayage et du collage. Exagérer la divergence des parois mènerait à une perte tissulaire non acceptable et augmenterait le risque de fracture de la dent¹⁹.

Si la présence d'une fissure est observable lors de la dépose d'anciennes restaurations volumineuses, il est conseillé²⁹ soit de l'intercepter si celle-ci ne continue pas en sous gingivale/crestale/, soit de la cercler pour limiter sa propagation.

Grâce aux techniques adhésives, lors de la préparation des cavités seuls les tissus dentaires cariés nécessitent une éviction (Figure 24-B).

La cavité dentaire ne doit pas nécessairement être de dépouille puisque celle-ci peut être optimisée (Cavity Design Optimisation) (Figure 12) à l'aide d'un fond de cavité collé recréant une forme de cavité idéale³⁰ (Figure 24-C). Le CDO permet d'obtenir la forme de préparation voulue tout en restant dans une approche conservatrice.

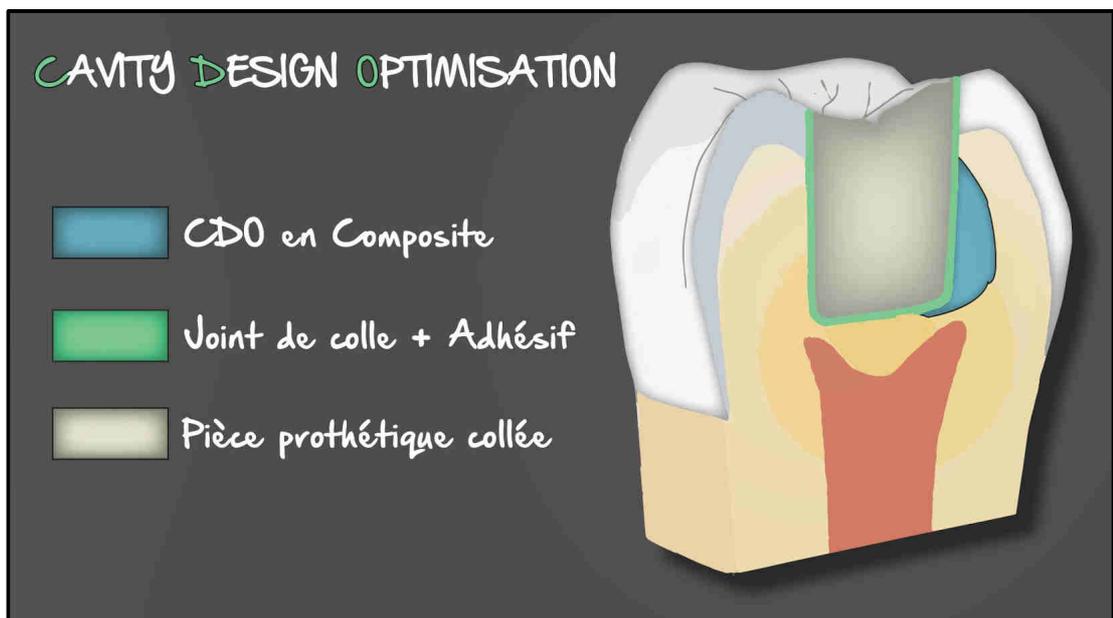


Figure 12: Cavity Design Optimisation: Comblement des contres dépouilles par un matériau composite.

Lorsque la cavité a été mise de dépouille naturellement ou par CDO, d'autres principes volumiques importants sont à respecter. D'un point de vue clinique, les limites de la restauration et les contacts d'occlusions sont à contrôler. Ceux-ci ne

doivent pas coïncider³¹. Si un déplacement de la limite n'est pas possible, un recouvrement cuspidien peut être envisagé pour respecter les entrées et sorties du cycle masticatoire et éviter un risque d'usure/fracture prématurée de la restauration sur ces zones de fonctions (dualité des surfaces).

Le recouvrement cuspidien évoqué peut aussi intervenir lorsque les parois résiduelles de la préparation ne sont pas suffisantes. Une perte des crêtes marginales ou d'un pont d'email amène à la même réflexion. La perte de ces éléments est non négligeable, car ils assurent le maintien de la résistance de la dent^{32,33}. Même si un CDO est réalisé, le rapport hauteur / épaisseur des parois est primordial et influe sur la solidité de la dent. Le respect d'une épaisseur minimale (Figure 13-14) de 2mm-2.5mm pour les parois restantes est préconisé^{30,33,34}.

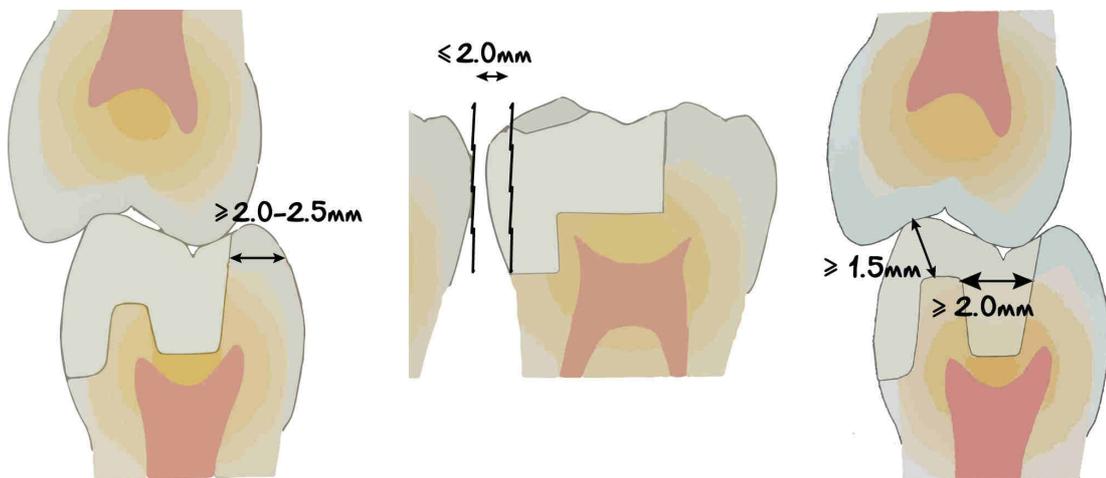


Figure 13: Dimensions de taille pour inlay/onlay.

Le risque de fracture sous l'effet de pressions mécaniques exercées sur la restauration lors de la fonction masticatoire est ainsi diminué. Ce concept est aussi valable pour la pièce prothétique. En cas de recouvrement, le respect d'une épaisseur minimale de 1.5mm dans les zones les plus fines et propices aux stress mécaniques, mais également une épaisseur de 2mm (Figure 13) en cas de présence d'isthme au sein de la préparation sont conseillés^{35,36}.



Figure 14: *Évaluation des parois : Après dépose des composites infiltrés, les parois restantes seront trop fines, elles ne pourront être conservées et devront être descendues.*

2.2.2. Taille pour Overlay/Venerlay

Pour les préparations d'Overlay, une limite vestibulaire en congé (chanfrein concave) apporte une meilleure transition esthétique entre la pièce et la dent à restaurer. Les prismes d'email situés à la base du congé sont sectionnés perpendiculairement à leur grand axe^{19,37,38} (Figure 15). Théoriquement ce type de finition marginale optimise l'adhésion après mordançage³⁹.



Figure 15: *Préparation pour overlay avec limite périphérique en congé.*

En secteur esthétique, l'option Venerlay peut être envisagée avec une extension de la préparation sur la face vestibulaire afin de déplacer la limite le plus apicalement possible.

2.2.3. Préparation des zones proximales et finitions

Dans les zones proximales, deux critères de préparations sont importants et méritent réflexion. Lors de la taille, la limite proximale ne doit pas se situer au niveau du point de contact³⁸. Il conviendra soit de la laisser au-dessus en fonction de la situation soit en dessous du point de contact. Le surplomb proximal de la pièce en composite ne devra pas excéder 2mm^{19,40} afin d'éviter un porte-à-faux trop important et induire un risque de fracture du matériau (Figure 13).

Pour finaliser la préparation, une finition à la fraise bague rouge est nécessaire afin d'éliminer les micro-rétentions créées par des fraises diamantées à gros grains et ainsi éviter les problèmes d'interférences lors de l'insertion de la pièce prothétique (Figure 14). En cas d'IDS ou de CDO, la réactivation des bords amélaire sera réalisée.

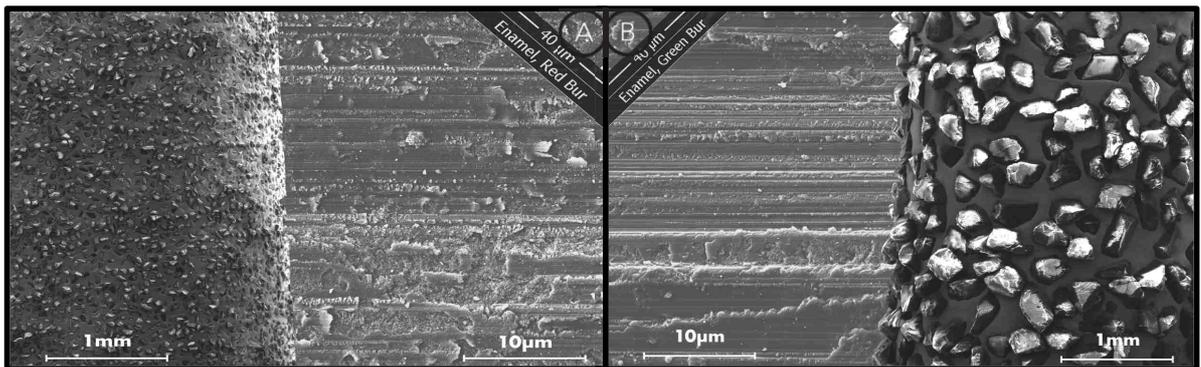


Figure 16: *A* Images Microscope Electronique à Balayage de fraise bague rouge; *B* et bague verte montrant les rugosités obtenues (INSERM UMR-S 1121 « Biomatériaux et Bioingénierie »).

2.3. Empreinte

L'empreinte est une étape cruciale de la réalisation d'une restauration semi-directe. Le Modèle Positif Unitaire de travail est obtenu après traitement de l'empreinte. Il sera l'interface entre la préparation et la pièce prothétique. Sa fidélité est une nécessité absolue afin d'éviter une perte de temps et une restauration inadaptée et insatisfaisante. Le non-respect du protocole de gestion de l'empreinte et du modèle de travail a été mis en avant comme le point faible de ce type de technique²⁴.

Les MPU de travail doivent être réalisés avec un matériau à prise rapide et dotés d'une grande rigidité pour éviter toute déformation en post traitement. Son fractionnement facile et rapide en MPU est également un critère clé. Les silicones par addition sont généralement privilégiés. Les silicones putty (trop rigide) ou light (trop déformable) classiques ne sont pas adéquats pour cette opération. Le « *ModelSilikon / Die Silicon*, (Voco, Allemagne) répond aux caractéristiques recherchées.

Par conséquent, ce type de matériau impose l'utilisation de silicone par condensation ou d'alginate pour la prise d'empreinte. Des matériaux de compositions chimiques différentes évitent une fusion du modèle et de l'empreinte. L'insobserance de cette règle oblige l'utilisation d'un séparateur, qui n'a pas prouvé son efficacité¹⁹. L'alginate est un matériau à prise rapide et raisonnablement précis pour convenir à la demande. Afin d'éviter son déchirement lors de la désinsertion, les contres dépouilles trop importantes en inter-dentaire doivent faire l'objet d'une attention particulière.

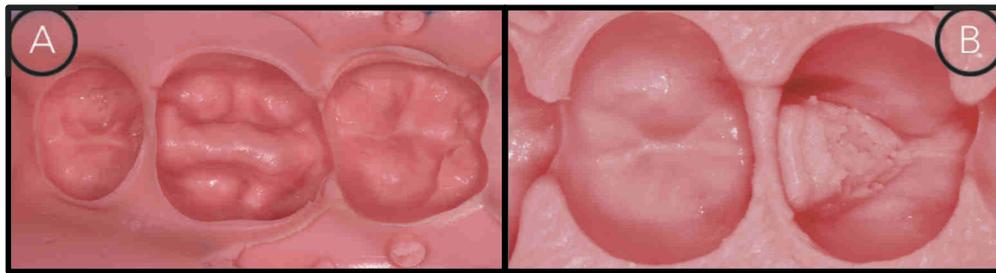


Figure 17: **A** Photo montrant une empreinte sous digue sans défaut; **B** Photo montrant une empreinte non convenable avec arrachement de l'alginate dans la préparation.

L'empreinte doit être réalisée avec un porte empreinte suffisamment compressif et assurer la précision des détails de la préparation. Une empreinte de type « mordu » conviendra en cas de réhabilitation non étendue sur un secteur. L'utilisation d'un porte empreinte sectoriel adapté permet de réaliser l'empreinte sous digue et de s'affranchir de la dépose pour des restaurations unitaires de volume moyen (Figure 17-A). Le contrôle visuel de l'empreinte doit être minutieux afin d'objectiver aisément les limites de la préparation. Toute imperfection doit être analysée et jugée, car le moindre défaut pourra impacter la bonne réalisation de la restauration (Figure 17-B).

2.4. Montage de la pièce prothétique

2.4.1. Stratification classique

Le montage de la pièce prothétique effectué en extraoral met en avant plusieurs avantages. Comme pour une approche indirecte conventionnelle, la pièce peut être stratifiée et polymériser sans tenir compte du facteur C. La gestion de la morphologie et de sa précision est facilitée par la prise en main et la vision 3D de la pièce.

La stratification de la restauration se fait par couches successives de 1,5 à 2mm et polymérisée 40 secondes²⁴. La masse dentine est apposée d'abord puis suivie par l'apposition de la masse émail lobe par lobe, cuspide par cuspide, avec l'utilisation de colorants pour caractériser la pièce.

2.4.2. Stratification simplifiée et Lignes Essentielles

La technique de stratification simplifiée enseignée par le Dr Giovanni Tommaso Rocca à ses étudiants de l'Université de Genève offre de la simplicité et un gain de temps lors du montage de la pièce en composite. Rebaptisée « Essential Lines » (Lignes Essentielles) (Figure 18) par le Dr Guiseppe Chiodera, membre de Style Italiano, elle consiste à monter en « bulk » une masse dentine tout en préformant à l'aide d'une sonde droite, les lobes dentinaires en y dessinant les sillons.

LIGNES ESSENTIELLES

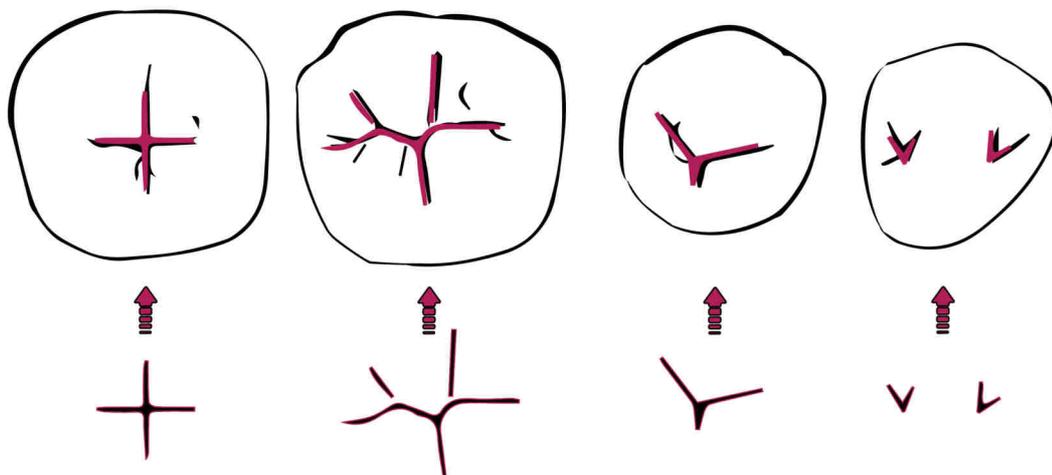


Figure 18: Tracé des Lignes Essentielles

Après polymérisation de la masse de dentine, la masse émail est apposée en surface avec une fine épaisseur, puis les sillons travaillés en suivant la forme de la couche polymérisée sous-jacente. Les excès sont ensuite éliminés en suivant les limites de la préparation et les volumes de composites distribués harmonieusement pour respecter la morphologie occlusale. Cette technique facile à mettre en œuvre est transposable à la méthode semi-directe (Figure 19).



Figure 19: Montage d'une restauration en composite en technique Lignes Essentielles

Après polymérisation des couches en surfaces la pièce est désinsérée du modèle, re-polymérisée dans l'intrados, ébavurée puis essayée en bouche afin de valider son adaptation à la préparation. Les zones de contact proximales sont contrôlées à ce stade et ajustées si nécessaire avant la post-polymérisation.

2.5. Post polymérisation

La post-polymérisation est un avantage notable de la technique du semi-directe. La polymérisation de la pièce sur toutes ses faces permet déjà d'améliorer le degré de conversion (DC). Le DC correspond au taux de réaction des monomères pour former des polymères ou bien le rapport des doubles liaisons carbonées $C=C$ converties en liaisons simples $C-C^{41}$ lors de la réaction de polymérisation. Il n'est jamais de 100% et ne dépasse pas 50 à 85% pour les résines composites photopolymérisables. Le degré de conversion est fonction du mode de polymérisation : chémo- < photo- <

thermopolymérisation⁴² et également de la composition de la phase résineuse du composite.

En intrabuccal, pour les techniques directes, le degré de conversion est limité par la chémo et photo-polymérisation. En techniques indirecte et semi-directe une post-polymérisation est possible. Après confection et validation, la pièce est soumise à un traitement photo-thermique dans un four dédié *Lumamat 100* (Ivoclar Vivadent, France) (Figure 20 A-B). Avec cette procédure, en quelques minutes, le degré de conversion est optimisé et la stabilité tridimensionnelle définitive du composite est assurée⁴³⁻⁴⁶. Les contraintes internes et marginales sont limitées. In Vitro, la résistance à l'usure et la dureté du matériau sont améliorées^{47,48}. In Vivo, la résistance à la dégradation et la qualité des bords sont également optimisées après une post-polymérisation^{49,50}.

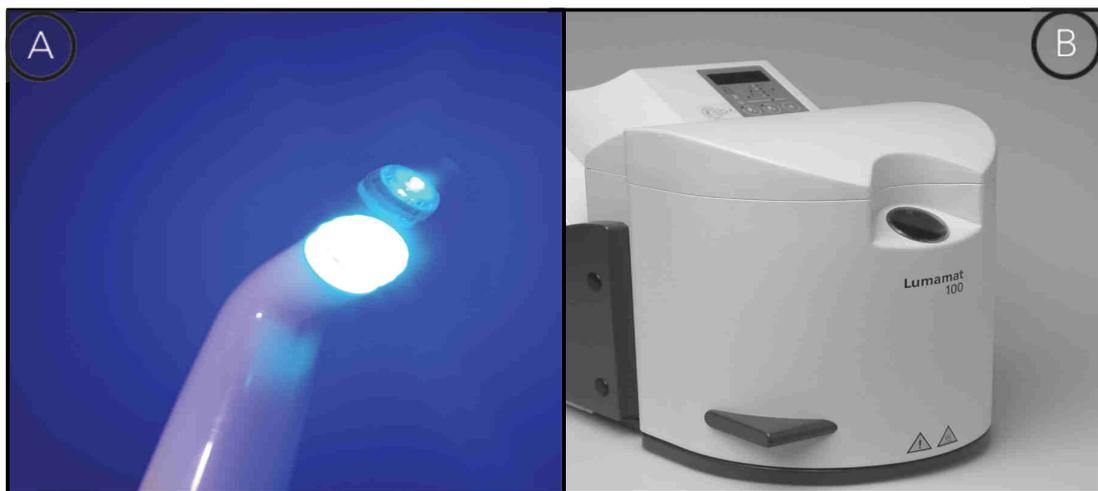


Figure 20: **A** Polymérisation initiale par lampe à photo-polymériser ; **B** Post-polymérisation dans un four dédié.

2.6. Protocole de collage

2.6.1. Isolation de la préparation

Le protocole de collage requiert la pose d'un champ opératoire avec technique adéquate qui permettra de protéger de l'humidité la zone de collage. La digue pourra être posée en technique unitaire (Figure 24-D) ou sectorielle selon la situation clinique. L'inversion de la feuille de latex autour de la région cervicale des dents isolées est l'élément clé d'une isolation réussie⁵⁰. Des limites juxta voire infra gingivales

demandent la mise en place de ligatures ou cordonnet rétracteur afin d'invaginer la digue dans le sulcus. Aucun élément, ligatures, Téflon, plis de latex ou crampon ne doit gêner l'accès aux limites de la préparation et l'insertion de la pièce prothétique. Pour s'en assurer, l'essayage de la restauration doit être répété sous digue avant de démarrer le protocole de collage.

2.6.2. Collage de la restauration

- Traitement de la surface prothétique

La pièce en composite doit avant tout avoir été post-polymérisée dans un four spécifique avant de commencer le traitement. Un micro-sablage à l'alumine 50 μ m de l'intrados précède l'application d'une couche de silane sur la pièce qui doit être frottée énergiquement (Figure 21) puis placée dans un minifour à 120°C pendant 1 minute ou bien laissé à l'air libre 3 minutes. Cette étape est nécessaire pour assurer l'évaporation de l'eau libérée lors de la création des liaisons siloxanes entre le silane et les charges de verre contenues dans le composite⁵¹.



Figure 21: Traitement de la surface prothétique: Sablage de l'intrados et silanisation.

- Traitement de la surface dentaire

En l'absence d'IDS ou de CDO, la préparation est sablée à l'alumine 27 μ m pour obtenir une surface propre pour la phase de collage. Un mordantage à l'acide phosphorique de la cavité est effectué, 30 secondes sur l'émail et 15 secondes sur la dentine⁵². Une couche d'adhésif homogène et de faible épaisseur est appliquée, frottée énergiquement, puis soufflée abondamment avant d'être polymérisée pour éviter toute surépaisseur et défaut d'adaptation.

Si un IDS ou un CDO a été envisagé, la cavité est sablée (Figure 24-E) à l'alumine 27 μ m et à 1,5 bar afin de ne pas détériorer l'IDS⁵³. Un mordantage à l'acide phosphorique des bords amélaire est effectué 30 secondes (Figure 24-E). Une fine couche d'adhésif est appliquée et non polymérisée (Figure 24-F).

- Insertion de la restauration

Le matériau de collage est placé dans la cavité et la pièce est insérée précisément sur la préparation (Figure 24-G). La pièce peut être amenée à l'aide d'un bâtonnet collant pour faciliter sa préhension. L'insertion doit se faire progressivement pour chasser les excès latéralement.

L'utilisation d'une colle composite conventionnelle permet une insertion plus fluide de la pièce de par sa faible viscosité. La majorité des composites de restauration utilisés pour le collage exige l'emploi d'un réchauffeur spécifique pour diminuer sa viscosité et aider son écoulement. Malgré l'usage d'un réchauffeur, il est recommandé d'utiliser un ultrason avec insert adapté lors d'un collage au composite chauffé. L'échauffement de la colle créée par les vibrations de l'ultrason facilite l'insertion de la pièce. L'obtention d'un joint de colle plus fin sera alors appréciée.

- Élimination excès

L'élimination des excès de colle lors du collage d'inlays/onlays s'avère souvent une étape stressante du protocole de collage. Une mauvaise gestion des excès peut compromettre la pérennité de la restauration, tant au niveau de la colonisation

bactérienne⁵⁴ qu'au niveau des propriétés mécaniques d'adhésion du joint de colle⁵⁵. La bonne gestion des excès facilite la finition et le polissage final. L'état de surface et le profil du joint marginal, interface directe entre la dent et la pièce prothétique, influent sur la longévité de la restauration.

Deux méthodes sont aujourd'hui couramment utilisées pour éliminer les excès de colle. La technique de « Flash polymérisation » qui consiste à réaliser une courte polymérisation (3 à 4 secondes) du joint après insertion. Les excès sont figés, puis clivés à l'aide d'une curette CK6 ou mini-CK6. La colle est polymérisée 40 secondes par face. Cette technique, rapide et très répandue actuellement est peu préconisée. L'arrachement du joint de colle n'est pas contrôlé et des hiatus peuvent se créer⁵⁶, fragilisant la restauration et augmentant la colonisation bactérienne. De plus, une pression d'arrachement excessive peut induire des défauts physico-chimiques d'adhésion au cœur du joint qui n'est à ce stade pas polymérisé⁵⁵.

La technique d'« Essuyage Modifié » (Figure 22), plus longue et fastidieuse permet un résultat supérieur à la technique précédente⁴⁰. À l'aide d'un pinceau ou d'une micro-brossette sur les faces accessibles et d'un fil dentaire type *Superfloss* (Oral-B, Procter & Gamble, Etats-Unis) ou *Accesfloss* (Gum Sunstar, Suisse) en proximal, les excès sont essuyés (Figure 24-H). La polymérisation finale se fait ensuite 40 secondes par faces.

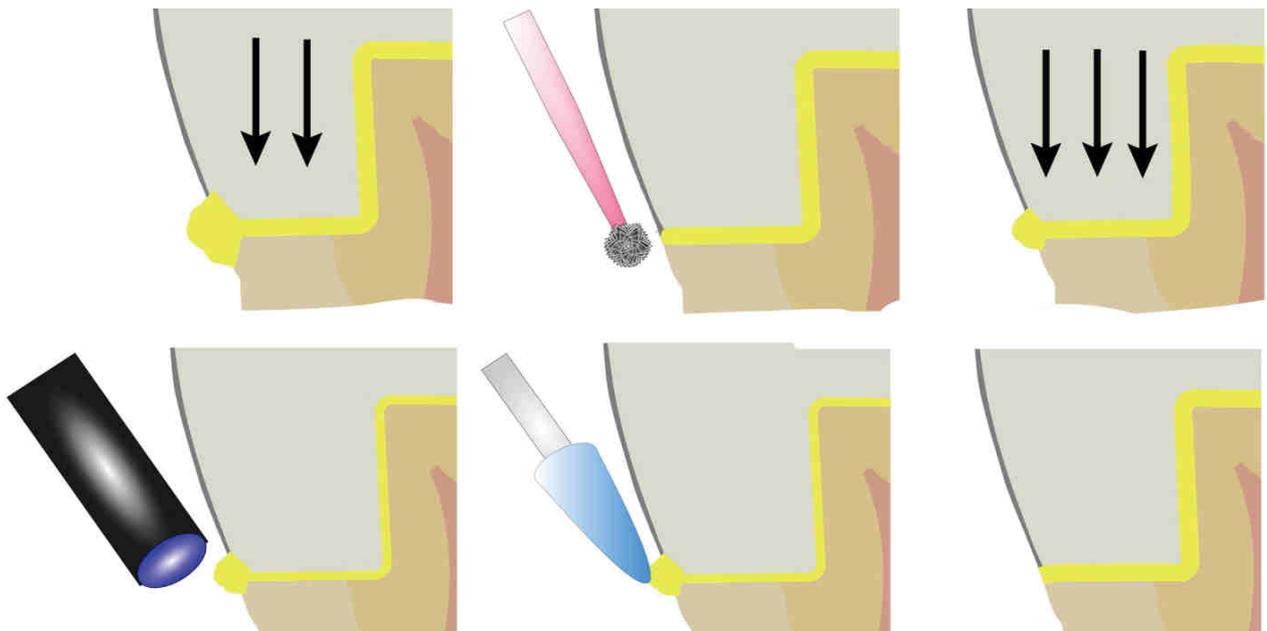


Figure 22: Élimination des excès par la technique d'« Essuyage Modifié »

- Polymérisation

La polymérisation se fait une fois la pièce enfoncée au maximum (Figure 24-I). Seul un petit bourrelet de colle doit être visible lors de l'exécution de la forte pression finale. La pièce est alors polymérisée 40 secondes sous pression occlusale constante sur une de ses faces. La pression est ensuite relâchée et les faces restantes polymérisées 40 secondes. La polymérisation finale du joint de colle se fait au travers d'un gel de glycérine ou sous eau (Figure 23) afin de supprimer la couche inhibée par l'oxygène⁵⁷.



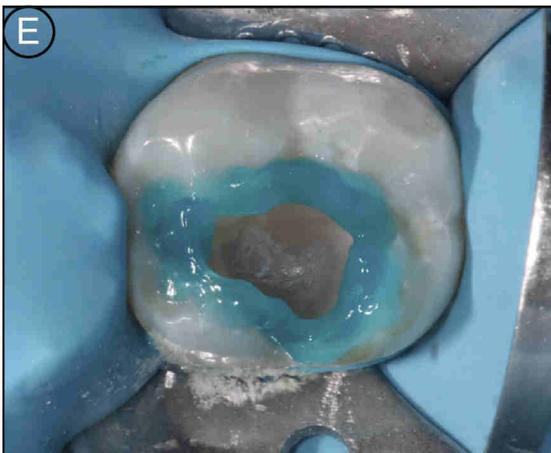
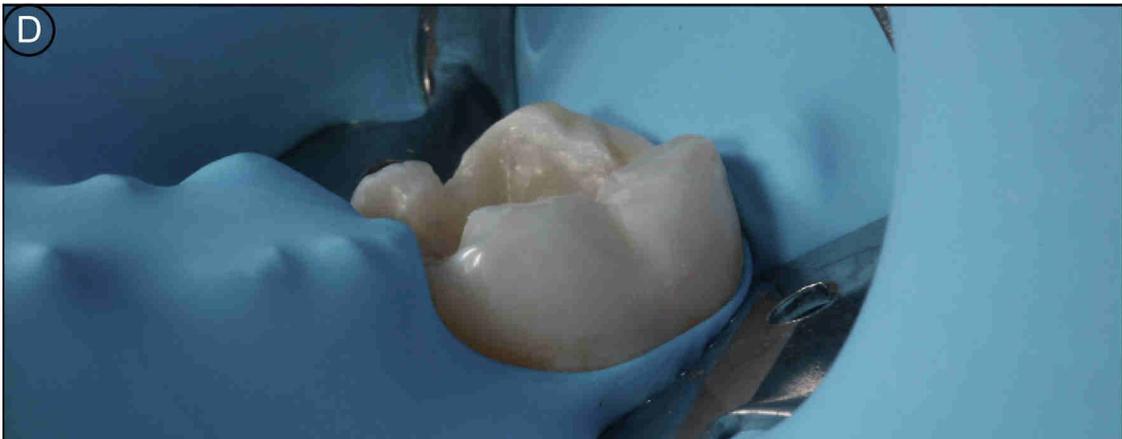
Figure 23: Polymérisation sous eau pour supprimer la couche inhibée par l'oxygène (Avec la courtoisie de Rapp Gautier)

2.6.3. Finition, polissage et contrôle occlusal

Les finitions et le polissage final ont pour buts de supprimer les défauts marginaux, de lisser les surfaces irrégulières et d'avoir une continuité entre la dent et la restauration (Figure 24-J).

Les petits excès résiduels sont éliminés à la lame courbe puis le joint est poli à l'aide de polissoirs en silicones.

Le contrôle de l'occlusion se fait patient en position assise avec des papiers d'occlusions (Figure 24-K). Les retouches occlusales sont effectuées à l'aide de fraises diamantées bague rouge puis le polissage avec des cupules en silicones sous un spray d'eau permettant de limiter l'accroche bactérienne^{58,59}. Le brillantage final est réalisé avec des pâtes diamantées sur brochettes poils de chèvre et feutrine (Figure 24-L).



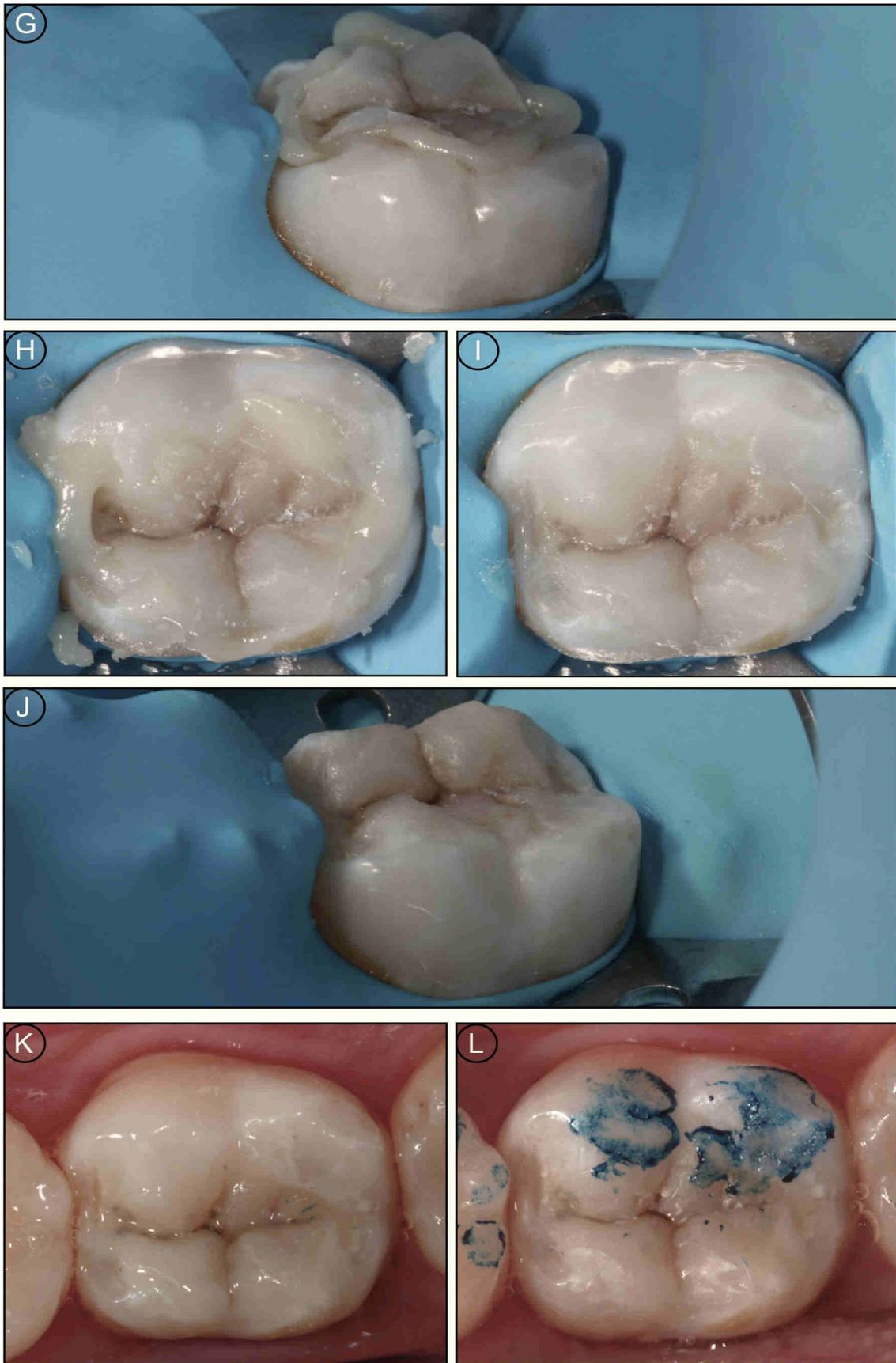


Figure 24: Cas clinique : Patient 22 ans avec dent n° 36 symptomatologique type pulpite réversible. Traitement par inlay en technique semi-directe **A** Recidive carieuse sous composite de classe I de taille moyenne ; **B** Dépose de la restauration et vue sur la dentine infectée ; **C** Exérèse carieuse, CDO et empreinte ; **D** Pose de digue unitaire ; **E** Sablage et etching ; **F** Protocole adhésif ; **G** Insertion pièce ; **H** Essuyage excès ; **I** Insertion finale ; **J** Polissage des joints ; **K** Contrôle occlusal ; **L** Vu post opératoire après brillantage.

II. Optimisation

La revue de littérature sur les restaurations par inlays-onlays en méthode semi-directe fait ressortir 3 complications possibles à ce type de traitements. Dans un premier temps, c'est la gestion de la zone proximale avec l'émergence de la pièce et son point de contact qui est décriée¹⁷. L'utilisation de silicones flexibles comme maître modèle a été proposée pour résoudre cette subtilité, mais conduit à une nouvelle problématique de taille qui est liée à la déformation du modèle de travail¹⁹. Cette déformation influe négativement sur l'insertion et l'adaptation de la restauration. Enfin, la gestion du volume occlusale, peu abordée^{22,26}, ne propose aucune solution sans la mise en articulateur des modèles.

Pour des praticiens découvrant la technique, ces 3 difficultés peuvent rapidement devenir fastidieuses, chronophages et mener à des restaurations peu adaptées et de faibles qualités.

Une étude approfondie et différents essais cliniques ont permis de proposer une optimisation de la technique semi-directe ciblée sur ces 3 points critiques.

1. Obtention du MPU avec DIE et gestion Zone proximale

Permettre d'avoir un bon accès aux limites de la préparation s'impose comme un pré-requis indispensable pour mener à bien tout travaux de prothèse fixée⁶⁰. Afin d'en tirer profit et d'avoir une bonne visibilité de la zone proximale, il est nécessaire de passer par un MPU avec DIE (Figure 25). Le DIE sépare la dent préparée des dents adjacentes et permet d'obtenir un profil d'émergence adéquat ainsi qu'un point de contact contrôlé.

Peu de systèmes dédiés à la technique semi-directe sont disponibles sur le marché. Le « ModelSilikon / Die Silicon », Voco est un silicone par addition à prise rapide très rigide. Une fois réticulé, il ne se déforme pas sous les pressions de l'opérateur et des instruments. En revanche, une flexion trop importante le brise instantanément.

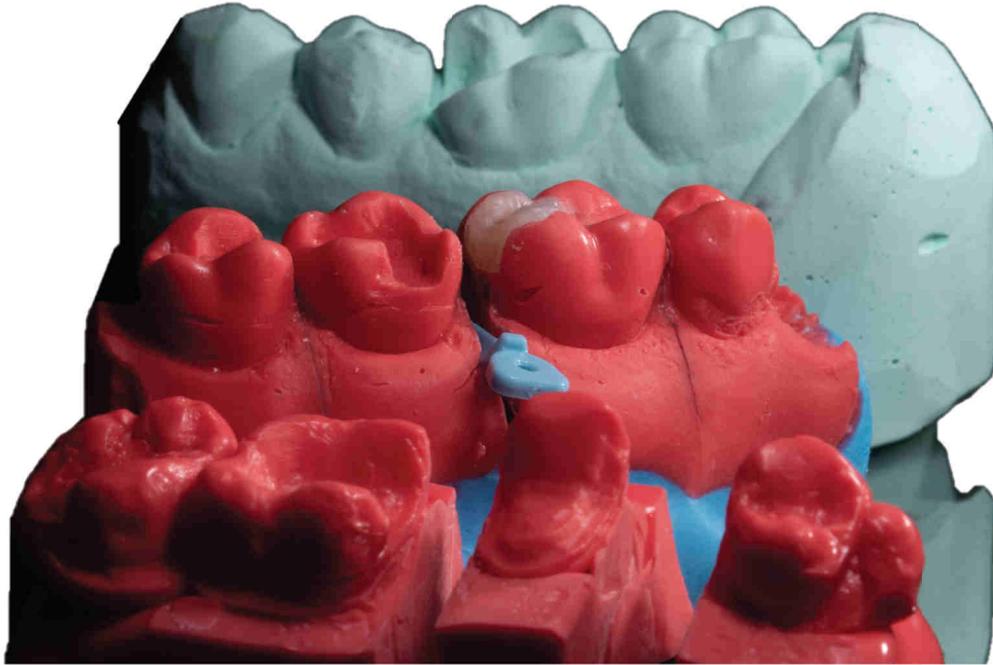


Figure 25: MPU (de haut en bas): Plâtre sans DIE ; Flexible double base ; Die Lego.

1.1. Die Flexible

Une des méthodes permettant l'obtention de DIE avec un MPU en silicone consiste en la réalisation d'une incision au niveau de la zone proximale s'arrêtant quelques millimètres sous la limite de la préparation. Une légère flexion du modèle donne alors accès aux limites et dégage la zone de contact entre les deux dents. L'opérateur est libre de gérer l'émergence proximale et de gonfler ou amincir le point de contact en fonction de la situation clinique.

Un silicone haute rigidité ne permet pas cette déformation sans détérioration aléatoire du modèle. Le repositionnement des deux parties après séparation n'est pas reproductible. La technique de DIE flexible n'est pas appropriée à l'usage seule d'un silicone haute rigidité. En revanche, en utilisant deux silicones combinés, la méthode décrite est envisageable.

La partie « A » dentées contenant la préparation et les dents adjacentes est coulée en silicone light haute rigidité. La partie « B » représentant le parodonte peut être en silicone putty classique. Les deux silicones doivent être de même type, soit des silicones par additions soit par condensations. Le mélange des deux n'est pas possible. La réticulation de silicones de compositions différentes (light haute rigidité ET putty) ne peut se faire que s'ils sont de même type⁶¹ (addition OU condensation).

L'association de ces deux silicones permet d'obtenir un modèle bi-composé avec une base souple déformable et un secteur denté rigide indéformable. Le DIE flexible s'obtient avec des incisions nettes dans les échancrures inter-proximales et offre la possibilité d'écartier le modèle pour accéder aux limites proximales et de le repositionner fidèlement. Les incisions se font au travers du silicone rigide et s'arrêtent une fois dans le silicone souple.

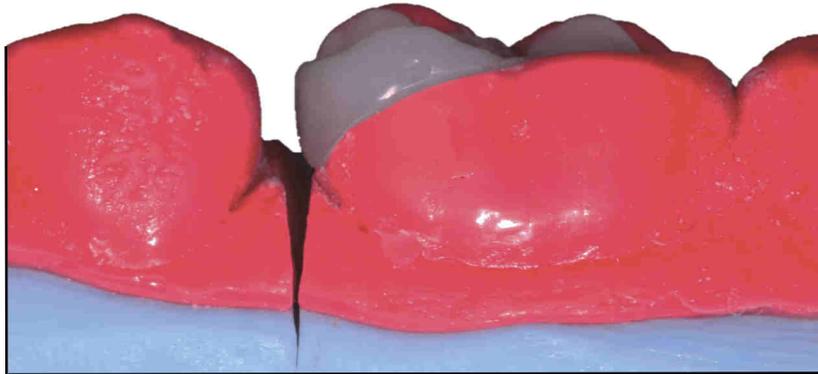


Figure 26: MPU Flexible double base: déformation plastique après écartement prolongé



Figure 27: DIE Lego permettant un accès aisé aux limites grâce aux incisions et aux plots de repositionnement

1.2. Die LEGO®

La méthode du die flexible mettant en œuvre deux silicones de rigidité différente est simple à réaliser et reproductible. En revanche elle trouve ses limites d'un point de vue ergonomie et précision. Afin d'écartier les dents et de maintenir cet espace pour travailler, l'insertion d'un coin de bois dans l'incision est nécessaire. Plus la limite de la préparation est gingivale, moins l'ergonomie d'accès à la limite est aisée. De plus, le contrôle de l'intensité du point de contact est difficilement appréciable et requière une certaine expérience de la technique pour minimiser les retouches au moment de l'essayage. Les coins de bois ne peuvent rester en place trop longtemps sous peine de déformer plastiquement la base souple et empêcher ainsi son repositionnement initial passivement (Figure 26).

Une deuxième méthode d'obtention de die, s'inspirant du principe de repositionnement par « pins » que l'on retrouve sur les modèles de laboratoire, est proposée. Ce principe fait intervenir uniquement du silicone rigide et des pièces d'assemblage LEGO® (Figure 27). Les plots cylindriques de la brique d'assemblage sont utilisés comme ergots de repositionnement. Au moment de l'injection, une fois l'empreinte remplie, une brique ou plaque de 2x6 à 2x8 plots est placée à plat sur le silicone non réticulé. Le silicone sera marqué, en partie femelle, de la forme des ergots allouant un repositionnement simple et reproductible. Identiquement à la technique du die flexible, des incisions nettes dans les échancrures inter-proximales sont pratiquées. Ces incisions se font dans toute l'épaisseur de matière. Le die de la dent à restaurer peut ainsi être retiré de l'ensemble et repositionné fidèlement grâce aux ergots de repositionnement mâles et femelles.

Ce principe autorise l'opérateur à retirer complètement le die du modèle pour monter la pièce prothétique en toute liberté. L'accès aux limites de la préparation est dégagé en totalité, et ce, quelle que soit la hauteur de la préparation. Le repositionnement du die sur le modèle permet la gestion du point de contact. L'opérateur peut alors contrôler l'intensité du point de contact en repositionnant le die sur le modèle. L'ajustement du point de contact en addition ou en suppression de volume de composite est possible de manière précise sans déformation du modèle.

La méthode du Die LEGO® nécessite d'avoir recours à un accessoire supplémentaire. Elle a cependant l'avantage d'être plus pratique pour l'opérateur que la méthode du Die Flexible (Figure 28). De même, elle possède une meilleure reproductibilité en ce qui concerne la gestion du point de contact qui peut vite devenir chronophage, si mal gérée, lors de l'essayage en bouche de l'inlay/onlay.

	Avantages	Inconvénients
Modèle Dentaire Unitaire	<ul style="list-style-type: none"> - Mise en oeuvre - Précis - Coût 	<ul style="list-style-type: none"> - Temps - Zone proximale - Point de contact
	<ul style="list-style-type: none"> - Zone proximale - Point de contact 	<ul style="list-style-type: none"> - Deux silicones - Déformations
	<ul style="list-style-type: none"> - Mise en oeuvre - Die repositionnable - Zone proximale ++ - Point de contact ++ 	<ul style="list-style-type: none"> - Pièce Légo nécessaire

Figure 28: Avantages / Inconvénients des différents MPU.

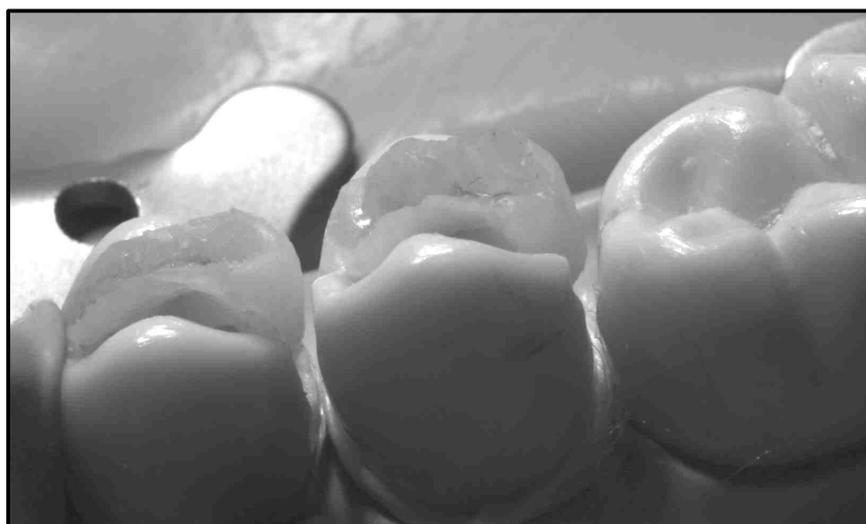


Figure 29: Défaut d'adaptation de la pièce dans la cavité liée à une déformation du modèle. Phénomène constaté indépendamment de l'intensité de la zone de contact.

2. Déformation du modèle

2.1. Injection du silicone light rigide

Lorsqu'une restauration réalisée en méthode indirecte n'est pas adaptée au moment de l'essayage (Figure 29), les causes possibles sont souvent la mauvaise prise et gestion de l'empreinte. En réalisant la coulée du modèle, une attention particulière doit être portée afin de ne pas créer une déformation de l'empreinte qui se répercuterait sur le modèle de travail en plâtre⁶².

Ce principe s'applique également lors de l'injection du silicone light rigide dans l'empreinte d'alginate. Pour les restaurations de classe II, les limites de la préparation se traduisent par de fines lamelles d'alginate en proximal. Ces lamelles sont très souples et sujettes aux déformations. L'injection du silicone, à l'aide d'un pistolet, doit se faire de manière lente et passive pour ne pas créer de bulles ou surpressions et l'embout d'injection ne doit pas heurter les lamelles interproximales d'alginate afin d'éviter de les déplacer (Figure 30-B). Une Déformation, même minime de l'ordre du dixième de millimètre de l'empreinte à ce stade serait irrémédiable pour la restauration et ne se verrait qu'au moment de l'essayage en bouche de la pièce. Tout le protocole de réalisation du MPU et fabrication de la pièce serait à recommencer.

2.2. Déformation dû à la base souple

Lorsque la technique du die flexible est préférée par le praticien, la réalisation de la base souple en silicone putty classique impose une subtilité de mise en œuvre. Outre la déformation possible lors de l'injection du silicone light haute rigidité, une autre source de déformation peut intervenir lors de la réalisation de la base souple. Le silicone light est injecté en premier dans le fond de l'empreinte alginate afin d'obtenir la partie dentée du modèle. Le silicone putty de composition identique est alors pressé sur le premier silicone afin qu'ils réticulent ensemble. Or, lors de la juxtaposition des deux silicones, une surpression sur le matériau light est exercée par le matériau lourd. Cette pression a pour conséquence de créer le déplacement des lamelles d'alginate en régions proximales de la préparation (Figure 30-C). De même que pour l'injection de light dans l'empreinte, cette déformation doit être évitée afin de prévenir tout défaut

d'adaptation de la pièce prothétique. Pour pallier à cette problématique non contrôlable, la connaissance physico-chimique des matériaux employés est primordiale. Tout comme le rajout d'une masse de composite est possible après sa polymérisation grâce à la couche inhibée par l'oxygène, l'addition d'un deuxième volume de silicone sur un premier déjà réticulé est réalisable. La subtilité de la technique proposée ici est donc de laisser le premier silicone light rigide injecté dans l'empreinte se réticuler pour qu'il soit indéformable. La base souple en silicone putty peut alors être apposée parfaitement dans l'empreinte sans risquer une déformation indésirable.

Cette méthode, bien que reproductible, est plus chronophage dans sa réalisation. Elle impose un délai d'attente égal au temps de prise du premier silicone injecté.

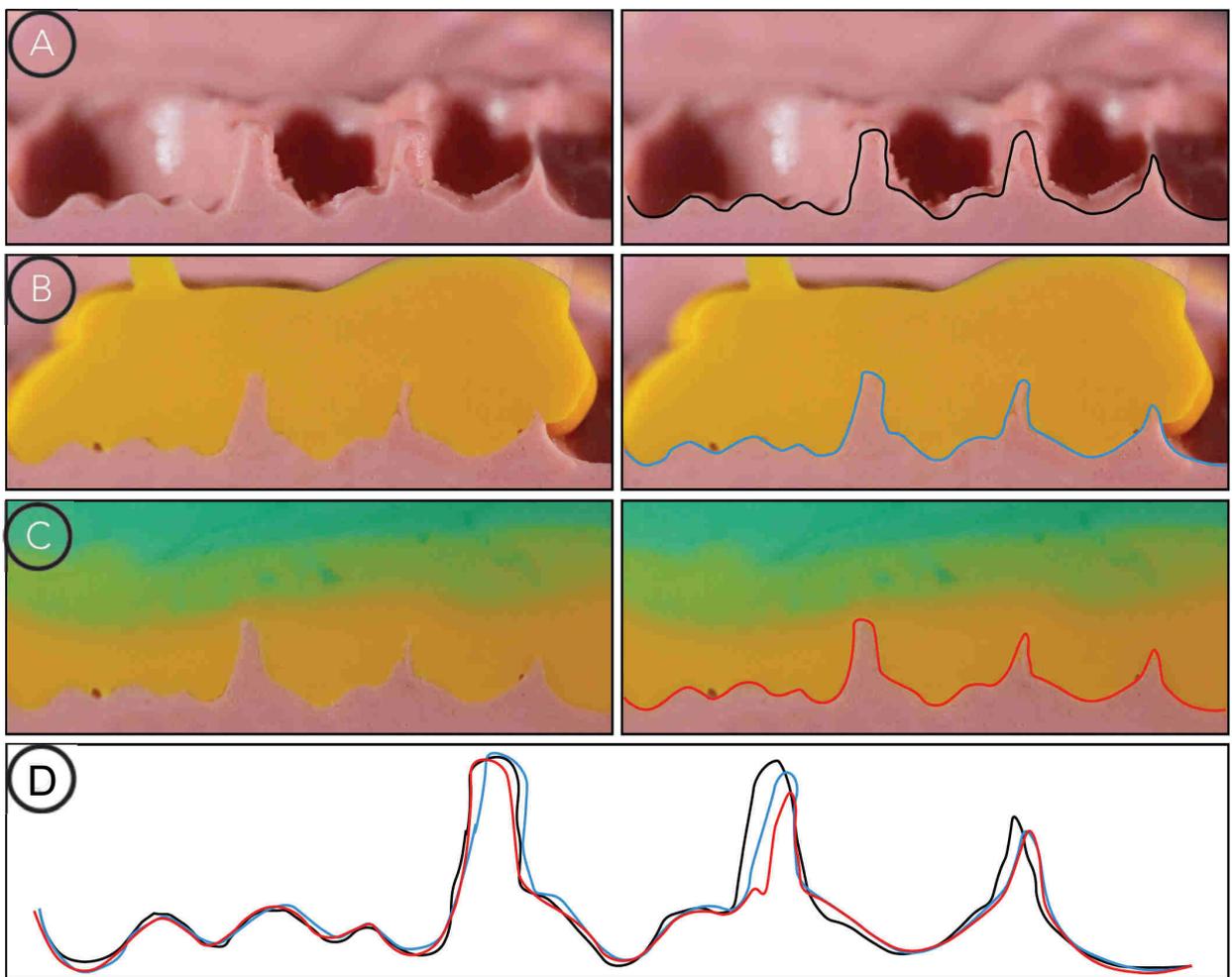


Figure 30: Déformation de l'empreinte lors de la conception du MPU : **A** Tracé noir : situation de l'empreinte avant insertion du silicone ; **B** Tracé bleu : Situation déformée de l'empreinte après injection du silicone light ; **C** Tracé rouge : Situation déformée de l'empreinte après injection silicone light et putty pour conception de la double base ; **D** Comparaison des différents profils de déformations obtenus à chaque étape.

3. Occlusion

Étape souvent fastidieuse lors de la réalisation de restaurations en technique directe, la gestion de l'occlusion est un des points forts de la technique indirecte. Le prothésiste grâce à un montage en articulateur peut simuler la fonction occlusale du patient et ajuster le volume et les contacts occlusaux de manière précise. Les retouches finales une fois la restauration collée sont généralement minimales. En revanche, en restauration directe, cette gestion est plus complexe. Que la restauration soit faite sous digue ou non, si le protocole d'adhésion est respecté, l'évaluation des rapports occlusaux avec les dents antagonistes n'est pas envisageable. Souvent, cette contrainte induit une sous-occlusion ou une sur-occlusion qui nécessite des retouches supplémentaires pouvant être très chronophages selon la situation.

Dans le cas d'une restauration semi-directe réalisée au fauteuil, la recherche du gain de temps est une priorité. Un montage en articulateur classique ou encore rapide proposé par Papazoglou et Al.²⁶ ne serait pas justifié et n'est pas adapté à la technique du die flexible.

3.1. Antagoniste silicone ou plâtre rapide

Lors de la prise d'empreinte en alginate de la préparation, une prise d'empreinte sectorielle de l'arcade antagoniste est également réalisée. L'empreinte sectorielle antagoniste est transformée soit en silicone light classique avec basse en silicone putty, soit coulée avec un plâtre spécifique à prise rapide *EarthStone* (Bisico, France). Le modèle antagoniste obtenu est mis en occlusion et servira à contrôler de manière passive les volumes occlusaux disponibles lors du montage étape par étape de l'inlay/onlay en composite.

3.2. Occlusion guidée

Que ce soit pour des restaurations directes ou semi-directes, un guide occlusal en résine peut servir pour la gestion de la fonction occlusale. Cette technique d'occlusion guidée directe permet à l'opérateur d'apprécier l'espace disponible pour

la stratification, mais également de repousser les masses de composites non polymérisées et d'éviter une sur-occlusion (Figure 31).



Figure 31: *Technique d'occlusion guidée par guide antagoniste*

Après l'anesthésie et avant de mettre en place le champ opératoire, une empreinte de type « mordu » avec un silicone d'enregistrement de l'occlusion *AquasylBite* (Dentsply Sirona, Etats-Unis) est réalisée. Une résine fluide est injectée dans l'empreinte occlusale de l'arcade antagoniste. Une réplique rigide des surfaces occlusales antagonistes est obtenue. Elle peut être placée en occlusion à tout moment, même sous digue sur l'arcade à restaurer en cas de technique de restauration directe, ou hors bouche sur le MPU.

Similaire à la méthode de l'antagoniste en silicone, celle en résine a l'avantage majeur d'être plus précise. Elle est également plus rapide et plus propre à mettre en œuvre. Le guide, fin et rigide, peut aisément être mis en occlusion et permet de contrôler le volume disponible pour la restauration tout en repoussant les masses de composite apposées avant de les polymériser (Figure 32).

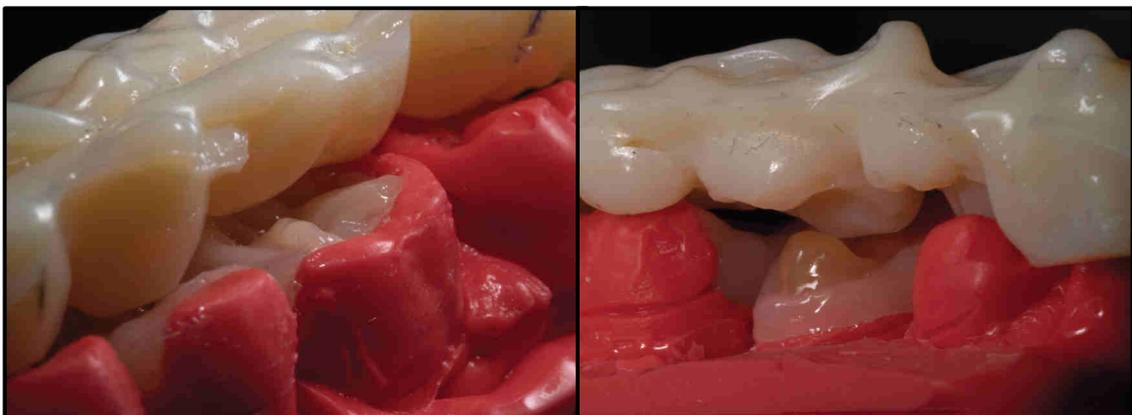


Figure 32: *Evaluation du volume disponible à la stratification.*

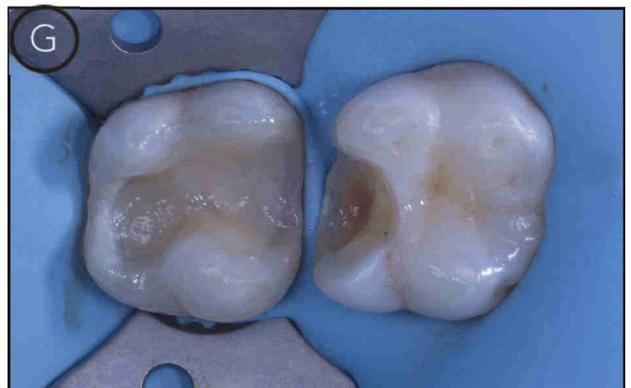
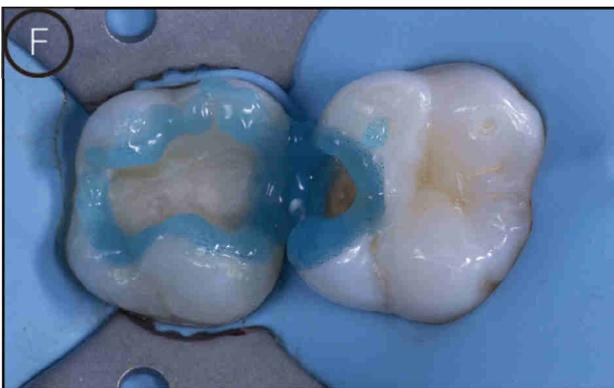
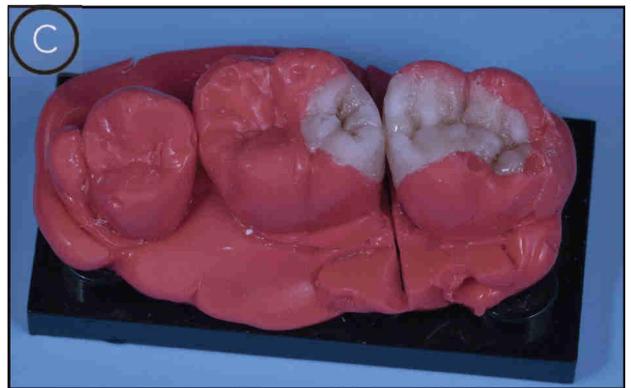
À l'aide d'un film marqueur d'occlusion il est également possible de prévisualiser la fonction occlusale et de l'ajuster si nécessaire. Cette technique, reproductible dans toutes situations, peu onéreuse, fait preuve d'un réel gain de temps en termes de retouches occlusales finales après le collage de la restauration (Figure 33).

3.3. Occlusion virtuelle

Inspirée des principes de Digital Smile Design (DSD), la méthode d'occlusion virtuelle fait appel à des moyens numériques⁶³. L'objectif est de simuler la morphologie idéale voulue en fonction de la situation initiale présente en bouche. En faisant le lien entre le modèle de départ et le modèle d'arrivée, le praticien est guidé pour la stratification de sa pièce à concevoir.

Une photo occlusale de l'état initial de la dent à traiter marquée avec du papier d'occlusion et une photo de la préparation sont nécessaires. Les photos sont transférées vers un ordinateur sur lequel est installé un logiciel de traitement d'image type Adobe® Photoshop® ou à défaut un logiciel de présentation comme Keynote® ou Powerpoint®. En superposant séparément par transparence aux deux photos un calque de la morphologie idéale souhaitée, l'opérateur peut rapidement se rendre compte des volumes qu'il peut retravailler ou au contraire ne pas modifier. La méthode des Lignes Essentielles peut également être envisagée pour cette procédure. Le marquage de l'occlusion avant la prise des photos est primordial, car il permet d'apprécier l'intensité des contacts existants ou à défaut non existant et indique ainsi à l'opérateur quelles cuspides peuvent être gonflées.

L'aperçu reste limité au plan 2D et ne permet pas une vision dans l'espace du volume à combler, mais avec de la pratique et des connaissances morphologiques dentaires générales, c'est un outil pratique, peu coûteux et rapide à exécuter lors du temps de prise d'empreinte par exemple. Contrairement au guide occlusal en résine, avec cette approche numérique, des retouches occlusales finales seront nécessaires, mais moindres que si aucune gestion occlusale n'est employée.



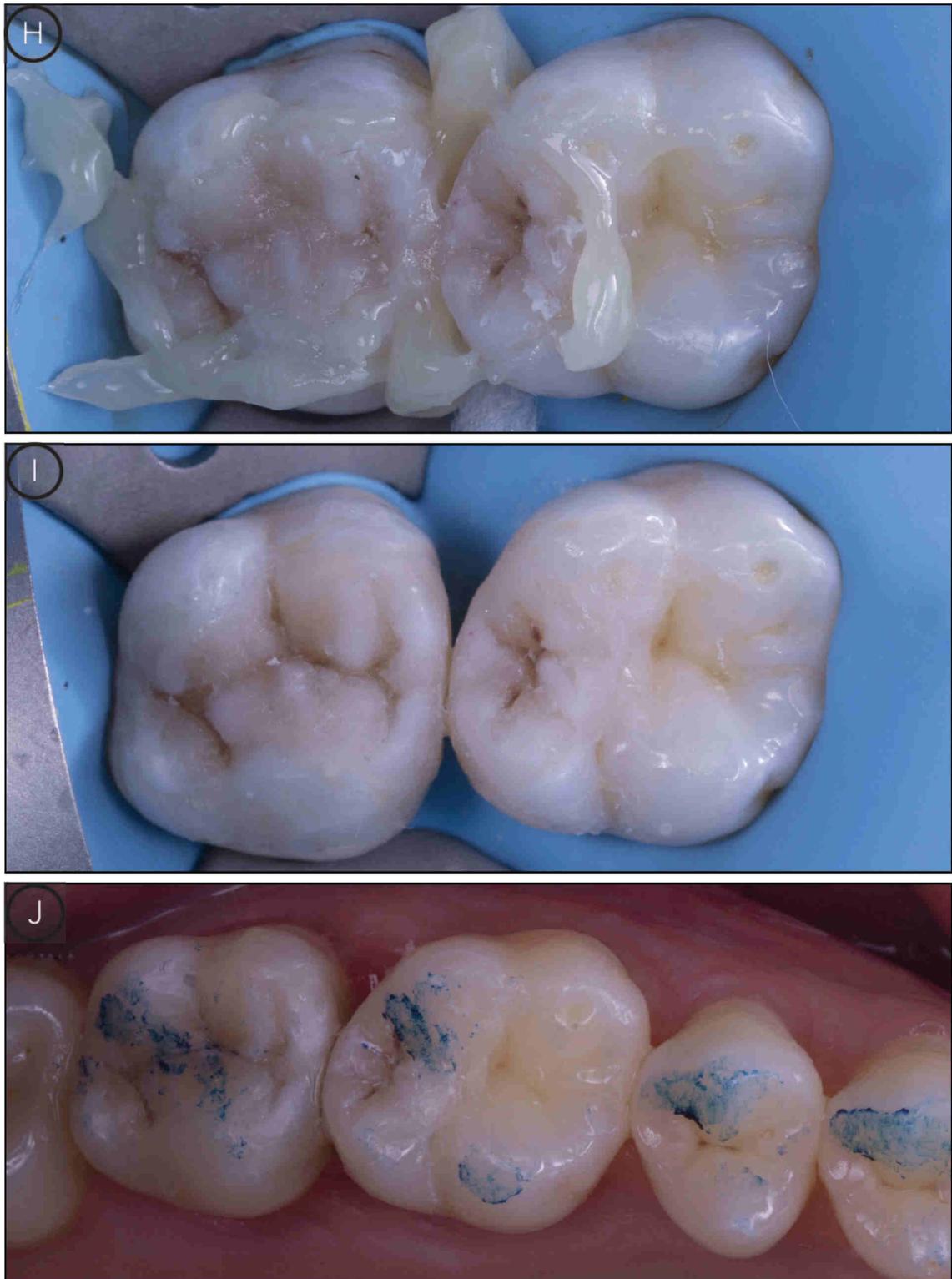


Figure 33: Cas Clinique Die Lego & Occlusion Guidée: **A** Situation initiale - pose de digue; **B** Dépose des restaurations et préparation des cavités (CDO sur 27) ; **C** Empreinte sous digue, conception MPU-DIE Lego et stratification ave guide d'occlusion ; **D**;Essayage pièces, contrôle point de contact **E** Préparation pièce (Post-polymérisation, sablage et silanisation; **F** sablage (27) et mordantage des cavités; **G** Protocole adhésif ; **H** Insertion pièce ; **I** Technique « Essuyage Modifié », polymérisation et polissage des joints ; **J** Contrôle occlusal avant retouches, finitions et brillantage.

III. Discussions

1. Quelle est la place de la technique semi-directe aujourd'hui ?

1.1. État des lieux de la technique semi-directe

Mises en avant vers la fin des années 80, les premières techniques de restaurations semi-directes n'ont pas su convaincre. Trop complexe à mettre en œuvre, trop chronophage et pas encore au point d'un point de vue clinique et matériau, elle n'arrive pas à passer le cap et se faire une place dans l'arsenal thérapeutique des restaurations dentaires.

L'évolution des techniques et surtout des matériaux ont permis une nouvelle tentative fin des années 90, mais l'avènement de la CFAO l'a rapidement rendue obsolète. Le début des restaurations par CFAO fascine et monopolise l'attention. Des restaurations indirectes en « chairside » pouvant être réalisées dans la séance et parallèlement à d'autres tâches grâce à l'automatisation numérique ne permet pas à la technique semi-directe de rivaliser.

Jusqu'à présent la Classification Commune des Actes Médicaux (CCAM) pour l'activité bucco-dentaire n'encourage pas les dentistes à opter pour des thérapeutiques collées. Ils ne s'orientent généralement pas vers des restaurations de type inlay/onlay exigeant un protocole de collage strict. Lors d'une perte tissulaire type classe II, le choix inlay-core associé à une couronne est souvent préféré.

Peu, voire pas enseignée dans les facultés de formation aux sciences odontologiques, la technique de restauration semi-directe n'est pas connue des nouvelles générations de praticiens.

L'approche du semi-directe est aujourd'hui délaissée au profit d'autres méthodes de restaurations de type directes ou indirectes conventionnelles.

1.2. Évolution des résines composites

L'introduction des premiers composites dentaires a débuté vers 1954, lorsque les ciments silicates et les résines de méthacrylate de méthyle non chargées étaient les seuls matériaux de restauration directe esthétique. Ensuite, les résines époxy adhésives ont fait leur apparition. Le durcissement lent des résines époxy a conduit à la synthèse du Bis-GMA par Bowen RL en 1956.

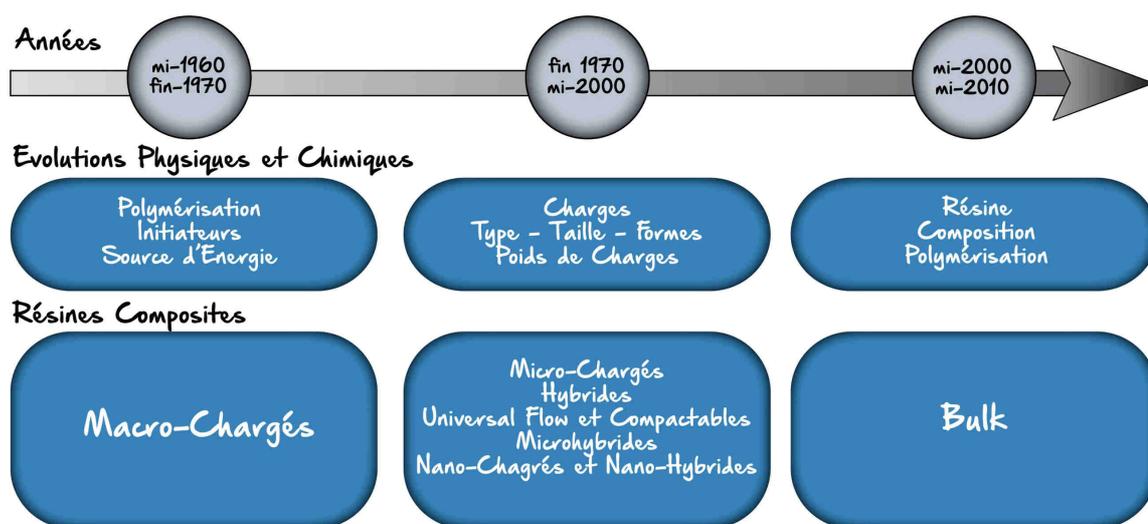


Figure 34: Evolution des résines composites depuis leur apparition

L'objectif de ce matériau est de remplacer fonctionnellement et esthétiquement le tissu dentaire manquant et d'en assurer une stabilité sur le long terme. Les composites à usage dentaires ont beaucoup évolué durant les 6 dernières décennies (Figure 34). Grâce à des améliorations constantes, il est devenu le matériau de choix pour la plupart des restaurations antérieures et postérieures en technique directe. L'appellation «matériau composite» fait référence à un matériau composé d'au moins deux composants distincts, insolubles l'un dans l'autre, qui produisent un matériau présentant des caractéristiques différentes, souvent meilleures, que les composants seuls. Les composites dentaires sont composés principalement d'une matrice de résine organique au sein de laquelle des charges inorganiques sont réparties et d'un agent de couplage, le silane qui enrobe ces dernières pour assurer une liaison chimique à la matrice résineuse. En plus de ces trois composants principaux, on retrouve d'autres éléments comme les initiateurs à la réaction de polymérisation, des inhibiteurs

empêchant une polymérisation prématurée et également des pigments de teinte différente pour correspondre à la couleur des dents.

1.2.1. Les Composites chargés

Les premiers composites développés, appelés « composites macro-chargés » contenaient des particules de charge allant de 10 à 50 μm et parfois jusqu'à 100 μm . La fin des années 1970 est une transition marquant l'arrivée des composites micro-chargés (Figure 35).

Les procédés d'hydrolyse et de précipitation ont été utilisés pour faire croître des particules fines de 0,04 μm (en moyenne) au lieu de broyer des particules plus volumineuses de quartz, de verre ou de céramique. Les micro-charges apportent au composite une meilleure aptitude au polissage et une meilleure stabilité de la couleur, critères importants d'un point de vue esthétique^{64,65}. En contrepartie, les particules micro-chargées induisent un rapport surface/volume important, nécessitant ainsi une quantité considérable de résine monomère pour mouiller leur surface et obtenir une résine composite homogène. Cette caractéristique limite la charge à environ 35% en poids, limitant ainsi la résistance et la rigidité du matériau. En outre, la quantité de résine plus élevée qui en résulte peut augmenter le coefficient de dilatation thermique du composite⁶⁶.

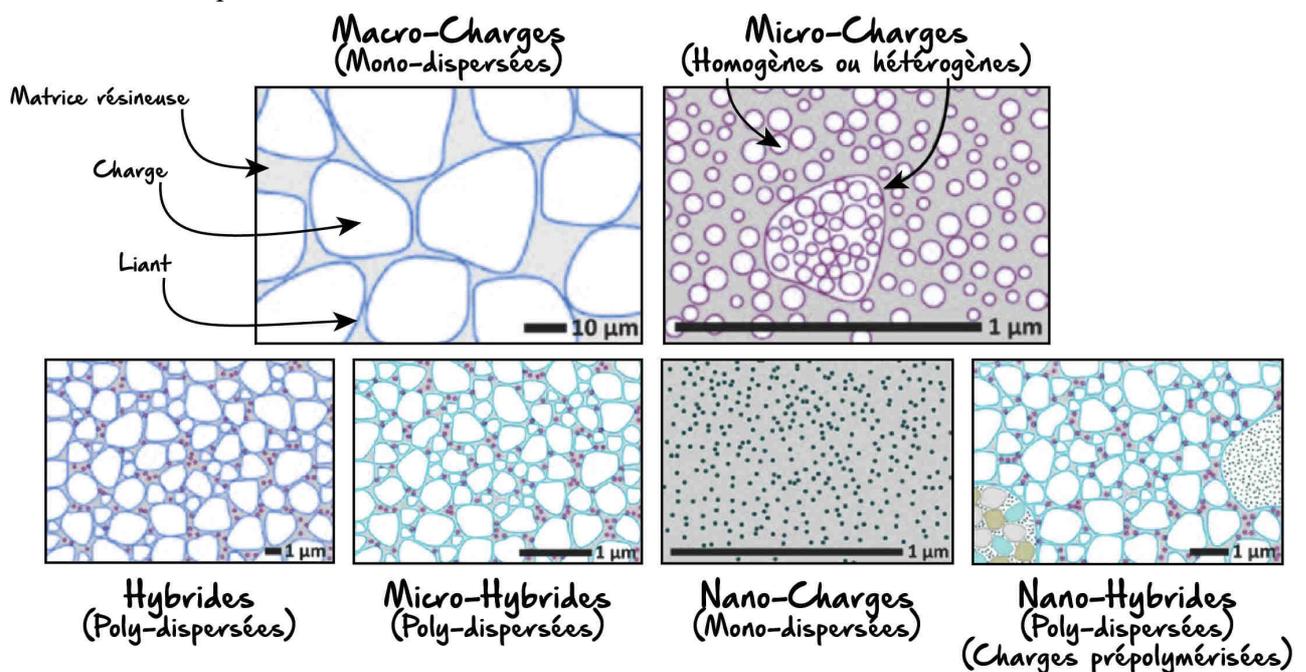


Figure 35: Les différents types de résines composites chargées. (Illustration personnelle d'après Miletic V.).

Peu de temps après, début des années 1980, les composites hybrides ont été introduits comme une véritable alternative avec un composite macro et micro-chargé. Ces composites contenaient des micro-charges de quartz, de verre ou de particules de silicate Ba / Sr / Al / Zr (1–50 μm) associés à des micro-charges de silice amorphe (0,04 μm). La tendance des années 1980 a été de réduire davantage la taille des micro-charges à une moyenne de 1–5 μm ou de 0,6–1 μm ⁶⁷. Les composites hybrides ont été considérés comme une combinaison optimale de ses prédécesseurs pour des propriétés mécaniques et optiques favorables et une résistance à l'usure améliorée⁶⁸. Le quartz a été finalement été remplacé par d'autres types de charges en raison de son caractère abrasif élevé vis-à-vis de l'émail et de son manque de radio-opacité.

Les années 2000 et l'arrivée des nano-technologies ont permis d'améliorer encore une fois les composites dentaires avec des composites nano-chargés et nano-hybrides. Les composites nano-chargés contiennent des particules de silice et/ou de zircone (5 à 20 nm) sous forme de particules non agglomérées et de nano-clusters agglomérés de taille moyenne = 0,6 à 10 μm . Les composites nano-hybrides contiennent des nano-particules de silice/zircone et de plus grosses particules de verre/zircone/silice de 0,6–1 μm . Les composites nano-hybrides contiennent également des charges de résine pré-polymérisées et des nano-clusters. La nouvelle technologie « sol-gel » utilisée pour créer des particules de charge de taille nanométrique a permis une plus grande teneur en nano-charges par rapport aux composites micro-chargés traditionnels. Une teneur en charge globale élevée, supérieure à 80% de particules ultrafines, accorde d'excellentes propriétés optiques, de la souplesse et de la brillance à ces composites. Cependant, les propriétés mécaniques, la dureté, la résistance à la rupture et la résistance à l'usure n'ont pas dépassé celles des composites micro-hybrides^{69–72}. De plus, la contraction volumétrique de polymérisation des composites nano-hybrides et nano-chargés n'a pas été considérablement réduite, se situant entre 1,5 et 2,5% en volume. Cette caractéristique avancée par les fabricants de résine composite a été confirmée par des chercheurs indépendants⁷³.

1.2.2. Modification de la matrice résineuse

Pendant la majeure partie des années de développement des composites, l'intérêt a été porté l'inclusion de charges, alors que la matrice résineuse a très peu évoluée. Jusqu'au milieu des années 1990, 80 à 90% de tous les composites disponibles contenaient du BisGMA. Les autres monomères étaient principalement le TEGDMA, l'UDMA et le BisEMA, tandis que d'autres monomères de méthacrylate ou d'autres types de monomères (tricyclodécane ou polyuréthane linéaire) étaient rarement utilisés dans les composites commercialisés⁶⁷. Les recherches montrent que les composites à base de méthacrylate sont caractérisés par une polymérisation et des liaisons « cross-link » incomplètes. La plupart des doubles liaisons C = C pendants restantes dans le réseau de polymères avec jusqu'à 10% de monomères non polymérisés et lixiviables^{67,74}. Les composites à base de méthacrylate sont sujets à la sorption et à l'hydrolyse de l'eau. La contraction de prise lors de la polymérisation est un inconvénient des composites à base de méthacrylate. Ce phénomène s'explique par le raccourcissement des distances entre les unités monomériques du polymère par rapport aux distances intermoléculaires des monomères non polymérisés. Des recherches considérables ont été menées de 1990 à 2000 concernant les modifications apportées à la résine afin de réduire la contraction à la polymérisation et les contraintes associées. À la suite de ces efforts, des composites à faible contraction de prise ont été introduits au milieu des années 2000. Le Filtek Silorane (3M ESPE) sans méthacrylate contenait de la résine de silorane et des charges micro-hybrides de quartz et de fluorure d'yttrium. Il a été démontré que le retrait dû à la polymérisation était inférieur à 1% et que les propriétés mécaniques étaient similaires à celles des composites à base de méthacrylate⁷⁵. Ce composite a été abandonné, car il nécessitait un système adhésif lui étant propre et possédait une faible adhésion aux tissus dentaires. Les autres composites à faible retrait qui ont suivi étaient basés sur des monomères à longue chaîne ayant un poids moléculaire supérieur à celui du BisGMA, les ormocores ou le cyclodextrine méthacrylée par exemple.

En 2010, le choix de matériau pour les restaurations postérieures a été élargi avec une nouvelle catégorie de matériaux composites appelés « Bulk-fill ». Ces composites sont indiqués pour restaurer des cavités profondes de 4–5 mm avec un apport unique en technique « Bulk » plutôt qu'en stratification couche par couche.

Cette approche présente l'avantage de permettre un gain temps, en particulier avec les restaurations postérieures de grande étendue. Il existe deux principaux types de composite Bulk : les Bulk de type Flow nécessitant un recouvrement par une couche de composite universel et les Bulk compactable qui sont sculptables et pouvant être utilisés pour restaurer toute la cavité. Le composite *EverX Posterior* (GC, Japon) qui peut rejoindre la catégorie des Bulk compactable est une exception. Son renforcement par des fibres de verre, nécessite une couche de recouvrement par composite classique, car ses fibres de verre de 1 à 3 mm empêchent la finition et le polissage.

En somme, bien que la contraction de prise et le stress de polymérisation des composites types Bulk-Fill se soient révélés être similaires⁷⁶, leurs propriétés mécaniques sont généralement inférieures aux composites nano-hybrides et nécessitent des améliorations supplémentaires⁷⁷⁻⁷⁹.

1.2.3. Taux de conversion

Le degré de conversion (DC) peut être défini comme le degré de réaction des monomères pour former des polymères ou bien le rapport des doubles liaisons carbonées C=C converties en liaisons simples C-C⁸⁰. Un degré élevé de polymérisation des composites est une caractéristique essentielle du matériau pour obtenir des propriétés physiques et mécaniques optimales ainsi qu'une bonne biocompatibilité⁸¹⁻⁸⁵. Il a un impact crucial sur le succès d'une restauration en composite. Le DC affecte fortement chaque propriété d'un matériau composite, telle que la dureté, la résistance, le module d'élasticité, l'absorption d'eau, la solubilité, la stabilité de la couleur, la stabilité dimensionnelle avec risque de micro-fractures, les récurrences carieuses et les réactions pulpaires post-opératoires^{82,86}. Différents facteurs tels que la taille et le taux des particules de charge, le type et la quantité de monomère, le type et la concentration d'initiateur de polymérisation^{87,88}, la nuance et la translucidité du matériau⁸³, l'intensité et la longueur d'onde de la source de lumière et le temps d'irradiation⁸⁹ peuvent influencer sur le degré de conversion des composites dentaires.

Il serait idéal de convertir la totalité des monomères de résine composite en polymère au cours de la réaction de polymérisation. Cependant, la conversion n'est jamais complète et atteint un degré d'environ 50% à 75% pour les composites compactables⁹⁰.

Pour les composites flow, les valeurs vont de 50% à 81%^{91,92}. Les composites préchauffés compactables et flow ont un degré de conversion allant de 67% à 84%⁹³.

Les facteurs déterminants le DC peuvent être classés comme intrinsèques et extrinsèques. Les facteurs intrinsèques impliquent des propriétés composites et incluent la composition de la résine, la composition des charges et le système photo-initiateur⁹⁴.

Les facteurs extrinsèques concernent la source et les conditions de polymérisation, le pré-chauffage du composite et la post-polymérisation. Le mode préféré pour la polymérisation des composites est aujourd'hui la photo-polymérisation. Ce procédé a considérablement révolutionné la dentisterie et est indispensable dans presque toutes les procédures cliniques.

De nombreux facteurs liés à la photo-polymérisation influencent le DC. Ces facteurs tels que le concept d'«énergie totale», signifiant que plus l'irradiation est élevée, plus le temps d'exposition est court, l'augmentation de la température lors des opérations de photo-polymérisation, la maintenance des unités de polymérisation, ainsi que la mesure de la densité de puissance⁹⁵.

La méthode de photo-polymérisation a une influence considérable sur le DC et les contraintes liées à la prise du composite⁹⁶. Les lampes à haute intensité fournissent un DC plus élevé, mais elles produisent également un stress de contraction plus élevé. Un processus de durcissement plus lent permettant un écoulement du composite peut agir sur la diminution des contraintes pendant la polymérisation⁹⁷. La photo-polymérisation optimale est de permettre, une phase pré-gélifiée la plus longue possible et de diminuer le ratio de diffusion des chaînes de polymérisation, permettant ainsi davantage de déformations plastiques et empêchant l'accumulation de contraintes aux interfaces⁹⁰. À cette fin, des protocoles de photo-polymérisations modifiés avec des intensités variables tout au long du cycle de polymérisation ont été conçus^{98,99}.

L'augmentation de la température de polymérisation du composite réduit la viscosité, favorise la mobilité des radicaux libres et des monomères ainsi que la fréquence de collision des espèces réactives. Ces phénomènes se traduisent par une augmentation du degré de conversion^{92,100}. L'intensité lumineuse transmise est contrôlée par l'enceinte de post-polymérisation, ce qui optimise la diffusion des groupements réactifs et permet d'atteindre le degré de conversion maximum¹⁰⁰.

Le réchauffage des composites avant photo-polymérisation diminue leur viscosité et améliore l'adaptation marginale⁹³.

Il ne s'effectue pas seulement pour le collage de restaurations, mais peut aussi de simplifier la manipulation des masses lors de stratifications avec des composites à haute viscosité. Cependant, l'augmentation du degré de conversion des résines composites réchauffées conduit à un retrait plus important et éventuellement à une contrainte de retrait par polymérisation plus importante¹⁰¹.

La post-polymérisation est un procédé se réalisant après une première phase de polymérisation. La réaction rapide de polymérisation initiale a entraîné une augmentation considérable de la viscosité et une diminution de la mobilité des espèces réactives^{102,103}. Les radicaux libres et les monomères n'ayant pas réagi restent piégés dans la matrice peu après le début de l'illumination de la source. La réaction peut se poursuivre à une vitesse lente¹⁰⁴ et peut être poursuivie aussi longtemps qu'il existe des radicaux libres et des réactifs suffisamment mobiles¹⁰⁵. La réaction de post-polymérisation s'est avérée plus efficace avec les composites ayant atteint un DC initialement plus bas lors d'une première polymérisation. Dans le cas de résines composites hautement polymérisées, les sites réactifs sont immobilisés dans le réseau de polymères, tandis que dans les échantillons avec un DC initialement inférieur, une quantité plus élevée de radicaux n'ayant pas réagi ont une mobilité accrue leur permettant d'entrer en contact avec d'autres espèces réactives. Même une faible augmentation de la valeur du DC avec une post-polymérisation peut grandement influencer sur la densité de polymérisation et optimiser les propriétés des résines composites.

1.3. Intérêts de la méthode semi-directe

La raison principale amenant un praticien à remplacer une restauration composite postérieure est liée à la récurrence carieuse¹⁰⁶ souvent dû à un défaut d'étanchéité à l'interface dent/composite. Cette défaillance peut s'expliquer en partie par la contraction de prise de composite lors de sa polymérisation⁸⁶. Ce phénomène induit des contraintes internes sur la restauration, pouvant conduire à des microfissures de l'interface et donc à un échec marginal. Diverses techniques ont été décrites

dans la littérature pour résoudre ce problème^{10,107-109}, par exemple le procédé incrémental, l'utilisation de ciment verre ionomère ou de composite flow au cœur de la restauration, mais également la technique indirecte. La technique indirecte permet notamment de s'affranchir de la contraction de prise du composite constituant la restauration lors de sa polymérisation puisqu'elle est réalisée hors-bouche. Le phénomène de contraction et les contraintes associées sont minimales, car limités au seul joint de colle¹¹⁰. Bien que controversées, diverses études *in vitro* ont montré^{111,112} que la résistance à la traction, le module d'élasticité, la résistance à la rupture, la dureté et la résistance à l'usure sont améliorées par la post-polymérisation des pièces collées en technique indirecte^{113,114}. De plus, certaines études ont rapporté que l'adaptation marginale des inlays composite était supérieure aux restaurations directes, donnant lieu à moins de micro-fractures et une adaptation marginale de meilleure qualité¹¹⁵⁻¹¹⁷.

Néanmoins, le coût et le temps nécessaire à la fabrication de restaurations indirectes restent une préoccupation majeure de cette technique. L'utilisation de la technique semi-directe au fauteuil permet de résoudre ce problème sans affecter la qualité de la restauration. Dans le cadre d'un essai clinique de onze ans, une conclusion présentait les inlays / onlays composites réalisés en technique semi-directe comme ayant une longévité clinique prometteuse avec une faible incidence de récurrences carieuses et une adaptation marginale améliorée²⁰. Une étude de trois ans et demi a montré que, pour des cavités de taille moyenne, il n'y avait pas de différence significative entre les restaurations composites directes et semi-directes concernant l'évaluation clinique et l'adaptation marginale après observation au microscope électronique à balayage. Ces deux études permettent d'affirmer que cette technique pourrait être bénéfique pour les cavités importantes de classe I et II¹¹⁸.

Malgré l'élimination de l'implication du laboratoire dans la fabrication de la restauration, la procédure permet de parvenir à un résultat final prévisible du point de vue esthétique puisque la restauration est fabriquée et corrigée au fauteuil si nécessaire. Contrairement au système de CFAO au fauteuil, la technique semi-directe n'a pas besoin d'outils ou d'équipements spéciaux coûteux. Cependant, il convient de veiller au choix du matériau pour la réalisation du MPU qui reste une pièce maîtresse pour le succès de ce type de traitement.

Bien qu'une restauration semi-directe soit effectuée en un seul rendez-vous, ce qui signifie que la réalisation d'un IDS ne serait pas nécessaire. Cependant, s'il est associé à un CDO alors les contre-dépouilles dans la cavité peuvent être comblées et il permet de respecter une logique conservatrice. De plus, l'étanchéité des tubules dentinaires fraîchement coupés est assurée, réduisant ainsi la sensibilité postopératoire et prévenant la contamination bactérienne si le champ opératoire est déposé¹¹⁹.

La procédure de collage réalisée avec du composite chauffé nano-hybride procure une contraction de prise à la polymérisation et un coefficient de dilation thermique relativement faible comparé aux colles duales peu chargées.

L'utilisation de résine composite chauffée améliore les caractéristiques de manipulation du matériau en diminuant sa viscosité, ce qui a permis d'obtenir une épaisseur de joint plus fine et offre d'excellentes marges à la restauration¹²⁰. De plus, cette modification de la colle améliore son adaptation à la pièce, diminue le risque de formation de vides et augmente le taux de conversion des monomères, donnant ainsi de meilleures propriétés physiques et mécaniques à l'ensemble de la restauration¹²¹. Enfin, la plénitude des évolutions des résines composites permet l'utilisation de la même résine composite hybride pour la réalisation du CDO, de la fabrication de la pièce et son collage dans la cavité à restaurer. Cette association synchrone conduit à une compatibilité chimique parfaite, à des propriétés biomécaniques identiques entre les différentes couches de la restauration et offre un avantage supplémentaire pour cette technique.

En définitive, les nouveaux composites hybrides et leurs propriétés chimiques et physiques toujours plus optimales permettent à la méthode de restauration semi-directe une remise à niveau et de s'affirmer comme une alternative aux techniques de restaurations actuelles. La technique semi-directe garde les avantages et supprime les inconvénients majeurs de la technique indirecte (Figure 36), comme le recours au laboratoire de prothèse, les coûts supplémentaires qui en découlent et l'impératif d'un traitement en deux séances. Elle combine les avantages des approches directe et indirecte.

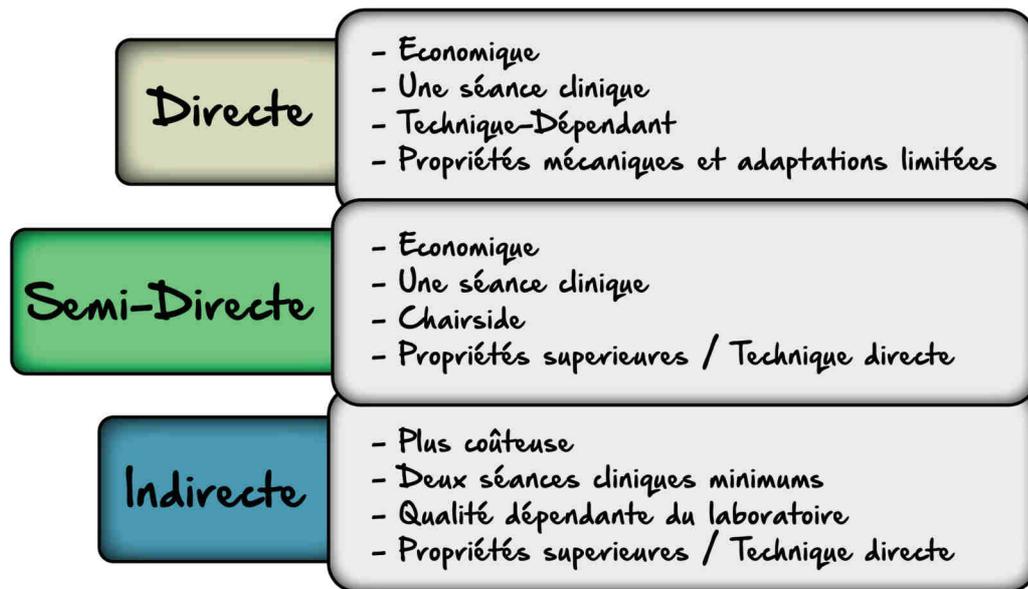


Figure 36: Avantages et Inconvénients des techniques de restaurations (Illustration personnelle d'après Alharbi et al.)

2. Impact de la nouvelle convention dentaire

2.1. Nouvelle convention dentaire

En juin 2014 un nouveau système de codage des actes dentaires était entré en vigueur. C'est la CCAM dentaire (Classification Commune des Actes Médicaux pour l'activité bucco-dentaire). L'ancienne et la nouvelle classification ont coexisté jusqu'au 31 Octobre 2014. Cependant depuis le 1^{er} Avril 2019, de nombreux changements entrent en vigueur suite à l'application de la nouvelle convention dentaire : changements tarifaires, modifications d'actes prothétiques, suppressions et ajouts de nouveaux codes CCAM.

Les soins conservateurs sont particulièrement concernés par cette revalorisation qui évoluera d'année en année jusqu'à se stabiliser au 1^{er} Janvier 2023.

La plus grosse revalorisation concerne les restaurations de dents postérieures par inlay/onlay. Un remboursement à hauteur de 100€ est proposé par la sécurité sociale contre 33,74€ pour un inlay/onlay 2 faces avec l'ancienne convention. Or, le choix de la technique de réalisation n'est pas imposé et c'est au praticien de prendre cette décision. La technique semi-directe est tout aussi légitime que la technique

indirecte pour cette sélection et peut s'avérer judicieuse dans certaines situations cliniques.

2.2. Tarification et apport de la technique semi-directe

Avec cette nouvelle convention, certains actes prothétiques à honoraires libres sont déjà ou vont devenir plafonnés. Les restaurations par inlay/onlay composite seront sans plafond jusqu'au 1^{er} Janvier 2021. Passé cette date, un plafond d'une valeur de 350€ sera imposé. Pour les patients détenteurs de la CMU ou CMU-C, un plafond de 250€ est déjà d'actualité.

Le coût horaire d'un cabinet dentaire varie en moyenne entre 150 et 500€ de l'heure en fonction du matériel et des matériaux utilisés, mais également de la localisation du cabinet et de la présence ou non d'assistante(s).

En prenant une moyenne basse estimée à 250€/h, le choix d'une restauration indirecte en composite réalisée forcément en deux séances peut sembler ne pas être judicieux. En revanche, une restauration semi-directe réalisée dans la séance permet non seulement de supprimer les frais de laboratoire, mais également d'éviter une redondance de certaines étapes cliniques comme l'anesthésie et la pose de digue. Une technique de restauration par inlay/onlay semi-direct correctement maîtrisée et optimisée, peut, selon la situation clinique s'avérer rentable pour le praticien, mais aussi, et surtout pour le patient. Une organisation et une ergonomie adaptées offrent la possibilité au praticien de réaliser d'autres tâches lors de la confection et la cuisson de la pièce. Habituellement, l'hésitation à l'emploi de cette technique concerne la phase de stratification de la pièce. Cette étape peut être difficile et jugée chronophage par certains. Or, une assistante dentaire, formée par le praticien, peut réaliser, hors bouche, la confection de la pièce prothétique suivi de sa post-polymérisation. Le praticien peut alors réaliser d'autres soins sur le patient ou lui accorder un temps de repos et s'occuper d'un autre patient.

Aujourd'hui, avec des matériaux toujours plus performants et une optimisation réfléchie, la technique de restauration semi-directe est une alternative viable avec de nombreux avantages pour le patient et le praticien. Elle permet d'améliorer l'esthétique tout en gardant une approche conservatrice, de réduire les contraintes internes liées à

la polymérisation du matériau tout en réduisant les sensibilités post-opératoire, minimiser les récurrences carieuses en améliorant l'étanchéité marginale pour globalement améliorer la longévité de la restauration. En effet, les restaurations semi-directes surpassent les restaurations directes sur le long terme et constituent une alternative acceptable aux restaurations indirectes lorsque le nombre de rendez-vous et/ou le coût peuvent être problématiques.

Conclusions

Dans une approche toujours plus conservatrice en dentisterie restauratrice, les restaurations partielles collées de type inlay-onlay occupent une place de plus en plus importante. Certaines limites telles que le coût et la nécessité de réaliser le travail en deux séances cliniques apparaissent encore parfois comme un frein pour le chirurgien-dentiste ou le patient. La réalisation de pièces en méthode semi-directe est une technique alternative décrite depuis le début des années 1990 par Didier Dietschi et Roberto Spreafico. Cette technique tombe ensuite dans l'oubli pendant presque 20 ans, car les techniques de Conception et de Fabrication Assistées par Ordinateur (CFAO) sont en plein essors entre les années 1995 et 2010. Ce n'est que dans la deuxième partie des années 2010 que cette technique connaît un véritable regain d'intérêt grâce notamment à la mise sur le marché de composites micro-hybrides toujours plus chargés. Contrairement aux restaurations indirectes en résine composite conventionnelle, cette technique possède l'avantage de s'affranchir de la partie laboratoire et des multiples séances cliniques, tout en offrant des propriétés mécaniques quasi similaires.

Les recherches sur les restaurations par inlays-onlays en méthode semi-directe ont fait ressortir 3 difficultés inhérentes à ce type de traitements et forçant les praticiens à délaisser cette technique. Le fruit du travail de cette thèse a été d'optimiser la gestion de la zone proximale, de cibler la cause des déformations possible du maître modèle et d'y pallier, puis de proposer une simplification de la gestion du volume occlusale. À l'aide d'une silicone light rigide à prise rapide spécifique, la confection d'un modèle positif unitaire est réalisable. Deux méthodes sont envisageables pour l'obtention d'un modèle avec die permettant un accès aisé au profil d'émergence de la préparation et un réglage adéquat du point de contact. L'utilisation d'un modèle flexible peut entraîner des déformations de l'empreinte se répercutant sur l'adaptation finale de la pièce. Un protocole d'injection des silicones en deux temps dans l'empreinte est énoncé dans le but de limiter ces déformations.

Une proposition innovante a été mise au point pour permettre l'adaptation de la restauration au contexte occlusal du patient. La mise en articulateur fastidieuse des

modèles est remplacée par la confection d'un modèle occlusal antagoniste en résine. L'antagoniste en résine obtenu à l'aide d'un silicone d'occlusion est placé en occlusion sur le MPU et offre à l'opérateur la visualisation 3D du volume occlusal disponible à la restauration.

En conclusion, les restaurations semi-directes connaissent un véritable regain d'intérêt avec la mise sur le marché de composite toujours plus performant. La limite entre les composites de « laboratoire » et les composites « cliniques » n'a jamais été aussi peu marquée. En effet, les progrès scientifiques de ces 6 dernières décennies ont permis une réelle évolution tant d'un point de vue des propriétés chimiques que mécaniques de résines composites. Aujourd'hui, les composites « cliniques » présentent des résistances mécaniques et résistances à l'usure et abrasion très proche voir parfois supérieures aux composites de « laboratoires ». Le principe de post-polymérisation des pièces conçues en « chair-side » offre la possibilité de pallier au problème de contraction de prise et de la très controversée toxicité des monomères relargués par les restaurations en composites, tout en améliorant notamment le degré de conversion des restaurations. Avec l'ensemble de ces critères et l'optimisation proposée réunis, la technique de restauration semi-directe est aujourd'hui une alternative viable avec de nombreux avantages pour le patient et le praticien. En effet, pour des cavités de taille moyenne à grande, les restaurations semi-directes surpassent les restaurations directes sur le long terme. Elles constituent également une alternative acceptable aux restaurations indirectes lorsque le nombre de rendez-vous et/ou le coût peuvent être problématiques. La nouvelle convention dentaire effective au 1^{er} avril 2019 permettrait vraisemblablement de relancer cette technique aujourd'hui délaissée au profit d'autres méthodes de restaurations de type directes ou indirectes conventionnelles.

Ce travail est l'aboutissement de la réalisation d'une vingtaine de cas cliniques avec support iconographique personnel regroupant l'ensemble des techniques originales proposées pour l'optimisation des restaurations esthétiques collées par inlay-onlay composite en technique semi-directe.

Bibliographie

1. Crousaz, P. et al. Caries prevalence in children after 12 years of salt fluoridation in a canton of Switzerland. 1985 ; Schweiz Monatsschr Zahnmed 95 : 805–815.
2. Nathanson, D. Current developments in esthetic dentistry. 1991 ; Curr Opin Dent 1 : 206–211.
3. Cameron, C. E. Cracked-tooth syndrome. 1964 ; J Am Dent Assoc 68 : 405–411.
4. Cameron, C. E. The cracked tooth syndrome: additional findings. 1976 ; J Am Dent Assoc 93 : 971–975.
5. Cavel, W. T., Kelsey, W. P. & Blankenau, R. J. An in vivo study of cuspal fracture. 1985 ; J Prosthet Dent 53 : 38–42.
6. Dietschi, D. & Holz, J. Restorations of posterior teeth. What choice?. 1990 ; Schweiz Monatsschr Zahnmed 100 : 1324–1335.
7. Knight, G. T., Berry, T. G., Barghi, N. & Burns, T. R. Effects of two methods of moisture control on marginal microleakage between resin composite and etched enamel : a clinical study. 1993 ; Int J Prosthodont 6 : 475–479.
8. Lutz, F. & Kull, M. The development of a posterior tooth composite system, in-vitro investigation. 1980 ; SSO Schweiz Monatsschr Zahnheilkd 90 : 455–483.
9. Tjan, A. H., Bergh, B. H. & Lidner, C. Effect of various incremental techniques on the marginal adaptation of class II composite resin restorations. 1992 ; J Prosthet Dent 67 : 62–66.
10. Lutz, E., Krejci, I. & Oldenburg, T. R. Elimination of polymerization stresses at the margins of posterior composite resin restorations: a new restorative technique. 1986 ; Quintessence Int 17 : 777–784.
11. Jørgensen, K. D. & Hisamitsu, H. Class 2 composite restorations: prevention in vitro of contraction gaps. 1984 ; J. Dent. Res. 63 : 141–145.

12. Bowen, R. L., George, L. A., Eichmiller, F. C. & Misra, D. N. An esthetic glass-ceramic for use in composite restoration inserts. 1993 ; *Dent Mater* 9 : 290–294.
13. Abbasi, M., Moradi, Z., Mirzaei, M., Kharazifard, M. J. & Rezaei, S. Polymerization Shrinkage of Five Bulk-Fill Composite Resins in Comparison with a Conventional Composite Resin. 2018 ; *J Dent (Tehran)* 15 : 365–374.
14. Fabianelli, A. et al. Microleakage in class II restorations: open vs closed centripetal build-up technique. 2010 ; *Oper Dent* 35 :308–313.
15. Klaff, D. Blending incremental and stratified layering techniques to produce an esthetic posterior composite resin restoration with a predictable prognosis. 2001 ; *J Esthet Restor Dent* 13 : 101–113.
16. Dietschi, D. & Moor, L. Evaluation of the marginal and internal adaptation of different ceramic and composite inlay systems after an in vitro fatigue test. 1999 ; *J Adhes Dent* 1, 41–56.
17. Kanca, J. The Single Visit Heat Processed Indirect Composite Resin Inlay. 1988 ; *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 1 : 31–34.
18. Spreafico, R.C. Direct and semi-direct posterior composite restorations. 1996 ; *Pract.Periodont, Aesthet.Dent.* 8 : 703 – 712.
19. Dietschi, D. & Spreafico, R. Restaurations esthétiques collées: composites et céramique dans les traitements esthétiques des dents postérieures. 1997 ; Quintessence International.
20. Van Dijken, J. W. Direct resin composite inlays/onlays: an 11 year follow-up. 2000 ; *J Dent* 28 : 299–306.
21. Soares, L. M., Razaghy, M. & Magne, P. Optimization of large MOD restorations: Composite resin inlays vs. short fiber-reinforced direct restorations. 2018 ; *Dental Materials* 34 : 587–597.
22. Liebenberg, W. H. Chairside-fabricated indirect resin restorations: A new articulated technique. 1997 ; *Quintessence International* 28, 499 – 507.
23. Davis, R., Schwartz, R. & Hilton, T. Marginal adaptation of castings made with dual-arch and custom trays. 1992 ; *Am J Dent* 5 : 253–254.

24. Alharbi, A., Rocca, G. T., Dietschi, D. & Krejci, I. Semidirect composite onlay with cavity sealing: a review of clinical procedures: semidirect composite onlay with cavity sealing. 2014 ; *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 26 : 97–106.
25. Dejak, B. & Młotkowski, A. A comparison of stresses in molar teeth restored with inlays and direct restorations, including polymerization shrinkage of composite resin and tooth loading during mastication. 2015 ; *Dental Materials* 31 : e77–e87.
26. Papazoglou, E. The modified semidirect onlay technique with articulated elastic model. 2015 ; *European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry* : 207–212.
27. Tonetto, M. R. et al. Semidirect restorations in multidisciplinary treatment: viable option for children and teenagers. 2015 ; *The Journal of Contemporary Dental Practice* 16 : 280–283.
28. Torres, C. R. G., Zanatta, R. F., Huhtala, M. F. R. L. & Borges, A. B. Semidirect posterior composite restorations with a flexible die technique. 2017 ; *The Journal of the American Dental Association* 148 : 671–676.
29. Politano, G., Van Meerbeek, B. & Peumans, M. Nonretentive bonded ceramic partial crowns: concept and simplified protocol for long-lasting dental restorations. 2018 ; *J Adhes Dent* 20 : 495–510.
30. Magne, P. Composite resins and bonded porcelain: the postamalgam era? 2016 ; *J Calif Dent Assoc* 34 : 135–147.
31. Gerdolle D, Drossart M, Bazos P. Evolution des formes de préparation pour inlays/onlays postérieurs maxillaire. 2014 ; *Réalités cliniques* Vol25, n°4 : 307 – 316.
32. Plotino, G. et al. Fracture strength of endodontically treated teeth with different access cavity designs. 2017 ; *J Endod* 43 : 995–1000.
33. Attal J, Le Goff S, Fron-Chabuis H. Les tissus dentaires à préserver lors de la réalisation d'inlays/onlays: approche biomécanique. 2014 ; *Réalité clinique* 25 : 289-296.
34. Chai, H. & Lawn, B. R. Fracture resistance of molar teeth with mesial-occlusal-distal (MOD) restorations. 2017 ; *Dent Mater* 33 : e283–e289.

35. Jackson, R. D. Indirect resin inlay and onlay restorations: a comprehensive clinical overview. 1999 ; *Pract Periodontics Aesthet Dent* 11 : 891–900; quiz 902.
36. Rocca, G. T., Rizcalla, N., Krejci, I. & Dietschi, D. Evidence-based concepts and procedures for bonded inlays and onlays. Part II. Guidelines for cavity preparation and restoration fabrication. 2015 ; *Int J Esthet Dent* 10 : 392–413.
37. Tirlet, G., Crescenzo, H., Crescenzo, D. & Bazos, P. Ceramic adhesive restorations and biomimetic dentistry: tissue preservation and adhesion. 2014 ; *Int J Esthet Dent* 9 : 354–369.
38. Edelhoff, D. & Sorensen, J. A. Tooth structure removal associated with various preparation designs for posterior teeth. 2002 ; *Int J Periodontics Restorative Dent* 22 : 241–249.
39. Hannig, M., Weinle, S. & Albers, H. K. The effect of modified forms of preparation on the quality of SR Isosit composite inlay margins. 1991 ; *Dtsch Zahnarztl Z* 46, 611–614.
40. Étienne, O. Anckenmann L. Restaurations esthétiques en céramique collée. Edition CdP DL, 2016, 354 (collection JPIO).
41. Vreven J, Raskin A, Sabbagh J, Vermeersch G, Leloup G. Résine composites : *Encycl Méd Chir* (Elsevier SAS, Paris). 2005 ; *Odontologie*, 23-065-E-10 :1-21.
42. Watts, D. C., Amer, O. M. & Combe, E. C. Surface hardness development in light-cured composites. 1987 ; *Dent Mater* 3 : 265–269.
43. Kandil, S. H., Kamar, A. A., Shaaban, S. A., Taymour, N. M. & Morsi, S. E. Effect of temperature and ageing on the mechanical properties of dental polymeric composite materials. 1989 ; *Biomaterials* 10 : 540–544.
44. Peutzfeldt, A. & Asmussen, E. The effect of postcuring on quantity of remaining double bonds, mechanical properties, and in vitro wear of two resin composites. 2000 ; *J Dent* 28 : 447–452.
45. Helvatjoglou-Antoniadi, M., Papadogianis, Y., Koliniotou-Kubia, E. & Kubias, S. Surface hardness of light-cured and self-cured composite resins. 1991 ; *J Prosthet Dent* 65 : 215–220.

46. Bausch, J. R., de Lange, C. & Davidson, C. L. The influence of temperature on some physical properties of dental composites. 1981 ; J Oral Rehabil 8 : 309–317.
47. Shinkai, K., Suzuki, S., Leinfelder, K. F. & Katoh, Y. How heat treatment and thermal cycling affect wear of composite resin inlays. 1994 ; J Am Dent Assoc 125 : 1467–1472.
48. Wendt, S. L. & Leinfelder, K. F. The clinical evaluation of heat-treated composite resin inlays. 1990 ; J Am Dent Assoc 120 : 177–181.
49. Wendt, S. L. & Leinfelder, K. F. Clinical evaluation of a heat-treated resin composite inlay: 3-year results. 1992 ; Am J Dent 5 : 258–262.
50. Browet, S. & Gerdolle, D. Precision and security in restorative dentistry: the synergy of isolation and magnification. 2017 ; Clinical Research 12 : 14.
51. D’Arcangelo, C. & Vanini, L. Effect of three surface treatments on the adhesive properties of indirect composite restorations. 2007 ; J Adhes Dent 9 : 319–326.
52. Rosa, W. L. de O. da, Piva, E. & Silva, A. F. da. Bond strength of universal adhesives: A systematic review and meta-analysis. 2015 ; J Dent 43 : 765–776.
53. Lehmann N, Spreafico R, Restaurations postérieures indirectes en composite, Partie II. 2018 ; Réalités Cliniques Vol.29 n°4 : 276-285.
54. Anami, L. C. et al. Morphology and bacterial colonisation of tooth/ceramic restoration interface after different cement excess removal techniques. 2012 ; J Dent 40 : 742–749.
55. Strupp W, Critical Factors for Clinical Success with All-Ceramic Restorations. 2004 ; C&B Update 7 : 25 – 32.
56. Peumans, M. et al. Four-year clinical evaluation of a self-adhesive luting agent for ceramic inlays. 2013 ; Clin Oral Investig 17 : 739–750.
57. Bergmann, P., Noack, M. J. & Roulet, J. F. Marginal adaptation with glass-ceramic inlays adhesively luted with glycerine gel. 1991 ; Quintessence Int 22 : 739–744.

58. Aykent, F. et al. Effect of different finishing techniques for restorative materials on surface roughness and bacterial adhesion. 2010 ; J Prosthet Dent 103 : 221–227.
59. Tate, W. H., DeSchepper, E. J. & Cody, T. Quantitative analysis of six composite polishing techniques on a hybrid composite material. 1992 ; J Esthet Dent 4 Suppl : 30–32.
60. Wassell, R. W., Barker, D. & Walls, A. W. G. Crowns and other extra-coronal restorations: impression materials and technique. 2002 ; Br Dent J 192 : 679–684, 687–690.
61. Braden, M. & Elliott, J. C. Characterization of the setting process of silicone dental rubbers. 1966 ; J. Dent. Res. 45 : 1016–1023.
62. Rosenstiel S.F., Land M.F., Fujimoto J., Contemporary Fixed Prosthodontics. Fourth Edition, 2016, 1152 (Elsevier).
63. McLaren, E. A. & Goldstein, R. E. The photoshop smile design technique. 2018 ; Compend Contin Educ Dent 39 : e17–e20.
64. Dennison, J. B., Fan, P. L. & Powers, J. M. Surface roughness of microfilled composites. 1981 ; J Am Dent Assoc 102 : 859–862.
65. Powers, J. M., Fan, P. L. & Raptis, C. N. Color stability of new composite restorative materials under accelerated aging. 1980 ; J. Dent. Res. 59 : 2071–2074.
66. Raptis, C. N., Fan, P. L. & Powers, J. M. Properties of microfilled and visible light-cured composite resins. 1979 ; J Am Dent Assoc 99 : 631–633.
67. Ferracane, J. L. Current trends in dental composites. 1995 ; Crit. Rev. Oral Biol. Med. 6 : 302–318.
68. Lutz, F. & Phillips, R. W. A classification and evaluation of composite resin systems. 1983 ; J Prosthet Dent 50 : 480–488.
69. Jin, J., Takahashi, R., Hickel, R. & Kunzelmann, K.-H. Surface properties of universal and flowable nanohybrid composites after simulated tooth brushing. 2014 ; Am J Dent 27, 149–154.

70. Melander, J. et al. Comparison of flexural properties and surface roughness of nanohybrid and microhybrid dental composites. 2011 ; Gen Dent 59 : 342–347; quiz 348–349.
71. Ilie, N. & Hickel, R. Investigations on mechanical behaviour of dental composites. 2009 ; Clin Oral Investig 13 : 427–438.
72. Takahashi, H. et al. Comparative evaluation of mechanical characteristics of nanofiller containing resin composites. 2011 ; Am J Dent 24 : 264–270.
73. Sideridou, I. D., Karabela, M. M. & Vouvoudi, E. C. Physical properties of current dental nanohybrid and nanofill light-cured resin composites. 2011 ; Dent Mater 27 : 598–607.
74. Peutzfeldt, A. Resin composites in dentistry: the monomer systems. 1997 ; Eur. J. Oral Sci. 105 : 97–116.
75. Weinmann, W., Thalacker, C. & Guggenberger, R. Siloranes in dental composites. 2005 ; Dent Mater 21 : 68–74.
76. Al Sunbul, H., Silikas, N. & Watts, D. C. Polymerization shrinkage kinetics and shrinkage-stress in dental resin-composites. 2016 ; Dent Mater 32 : 998–1006.
77. Ilie, N., Bucuta, S. & Draenert, M. Bulk-fill resin-based composites: an in vitro assessment of their mechanical performance. 2013 ; Oper Dent 38 : 618–625.
78. Leprince, J. G. et al. Physico-mechanical characteristics of commercially available bulk-fill composites. 2014 ; J Dent 42 : 993–1000.
79. Miletic, V., Pongprueksa, P., De Munck, J., Brooks, N. R. & Van Meerbeek, B. Curing characteristics of flowable and sculptable bulk-fill composites. 2017 ; Clin Oral Investig 21 : 1201–1212.
80. Yoshida, K. & Greener, E. H. Effects of two amine reducing agents on the degree of conversion and physical properties of an unfilled light-cured resin. 1993 ; Dent Mater 9 : 246–251.
81. Calheiros, F. C., Daronch, M., Rueggeberg, F. A. & Braga, R. R. Degree of conversion and mechanical properties of a BisGMA:TEGDMA composite as a function of the applied radiant exposure. 2008 ; J. Biomed. Mater. Res. Part B Appl. Biomater. 84 : 503–509.

82. Krifka, S., Seidenader, C., Hiller, K.-A., Schmalz, G. & Schweikl, H. Oxidative stress and cytotoxicity generated by dental composites in human pulp cells. 2012 ; Clin Oral Investig 16 : 215–224.
83. Tarle, Z. et al. The effect of the photopolymerization method on the quality of composite resin samples. 1998 ; J Oral Rehabil 25 : 436–442.
84. Tarle, Z. et al. Composite conversion and temperature rise using a conventional, plasma arc, and an experimental blue LED curing unit. 2002 ; J Oral Rehabil 29 : 662–667.
85. Knezević, A. et al. Degree of conversion and temperature rise during polymerization of composite resin samples with blue diodes. J Oral Rehabil 28, 586–591 (2001).
86. Ferracane, J. L. Resin composite--state of the art. 2011 ; Dent Mater 27 : 29–38.
87. Miletic, V. & Santini, A. Optimizing the concentration of 2,4,6 – trimethylbenzoyldiphenylphosphine oxide initiator in composite resins in relation to monomer conversion. 2012 ; Dent Mater J 31, 717–723.
88. Turssi, C. P., Ferracane, J. L. & Vogel, K. Filler features and their effects on wear and degree of conversion of particulate dental resin composites. 2005 ; Biomaterials 26 : 4932–4937.
89. Uctasli, S., Tezvergil, A., Lassila, L. V. J. & Vallittu, P. K. The degree of conversion of fiber-reinforced composites polymerized using different light-curing sources. 2005 ; Dent Mater 21 : 469–475.
90. Tarle, Z. et al. Comparison of composite curing parameters: effects of light source and curing mode on conversion, temperature rise and polymerization shrinkage. 2006 ; Oper Dent 31 : 219–226.
91. Czasch, P. & Ilie, N. In vitro comparison of mechanical properties and degree of cure of bulk fill composites. 2013 ; Clin Oral Investig 17 : 227–235.
92. Tarle, Z. et al. Influence of irradiation time on subsurface degree of conversion and microhardness of high-viscosity bulk-fill resin composites. 2015 ; Clin Oral Investig 19 : 831–840.

93. Tauböck, T. T., Tarle, Z., Marovic, D. & Attin, T. Pre-heating of high-viscosity bulk-fill resin composites: effects on shrinkage force and monomer conversion. 2015 ; J Dent 43, 1358–1364.
94. Leprince, J. G., Palin, W. M., Hadis, M. A., Devaux, J. & Leloup, G. Progress in dimethacrylate-based dental composite technology and curing efficiency. 2013 ; Dent Mater 29 : 139–156.
95. Burtscher P. Visible light curing of composite resins—report. 2007 ; Research and development Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein 18 : 29–32.
96. Silikas, N., Eliades, G. & Watts, D. C. Light intensity effects on resin-composite degree of conversion and shrinkage strain. 2000 ; Dent Mater 16 : 292–296.
97. Yap, A. U. & Seneviratne, C. Influence of light energy density on effectiveness of composite cure. 2001 ; Oper Dent 26 : 460–466.
98. Ilie, N., Jelen, E. & Hickel, R. Is the soft-start polymerisation concept still relevant for modern curing units? 2011 ; Clin Oral Investig 15 : 21–29.
99. Asmussen, E. & Peutzfeldt, A. Influence of pulse-delay curing on softening of polymer structures. 2001 ; J. Dent. Res. 80 : 1570–1573.
100. Daronch, M., Rueggeberg, F. A., De Goes, M. F. & Giudici, R. Polymerization kinetics of pre-heated composite. 2006 ; J. Dent. Res. 85 : 38–43.
101. Lohbauer, U., Zinelis, S., Rahiotis, C., Petschelt, A. & Eliades, G. The effect of resin composite pre-heating on monomer conversion and polymerization shrinkage. 2009 ; Dent Mater 25 : 514–519.
102. Par, M. et al. Conversion and temperature rise of remineralizing composites reinforced with inert fillers. 2016 ; J Dent 48 : 26–33.
103. Andrzejewska E. Photopolymerization kinetics of multifunctional monomers. 2001; Prog Polym Sci. 26 : 605–65.
104. Burtscher, P. Stability of radicals in cured composite materials. 1993 ; Dent Mater 9 : 218–221.

105. Leprince, J. et al. Kinetic study of free radicals trapped in dental resins stored in different environments. 2009 ; *Acta Biomater* 5 : 2518–2524.
106. Sarrett, D. C. Clinical challenges and the relevance of materials testing for posterior composite restorations. 2005 ; *Dent Mater* 21 : 9–20.
107. Krejci, I. & Stavridakis, M. New perspectives on dentin adhesion--differing methods of bonding. 2000 ; *Pract Periodontics Aesthet Dent* 12 : 727–732; quiz 734.
108. Feilzer, A. J., De Gee, A. J. & Davidson, C. L. Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. 1987 ; *J. Dent. Res.* 66 : 1636–1639.
109. Rocca, G. T., Gregor, L., Sandoval, M. J., Krejci, I. & Dietschi, D. In vitro evaluation of marginal and internal adaptation after occlusal stressing of indirect class II composite restorations with different resinous bases and interface treatments. 'Post-fatigue adaptation of indirect composite restorations'. 2012 ; *Clin Oral Investig* 16 : 1385–1393.
110. Kildal, K. K. & Ruyter, I. E. How different curing methods affect the degree of conversion of resin-based inlay/onlay materials. 1994 ; *Acta Odontol. Scand.* 52 : 315–322.
111. Wendt, S. L. The effect of heat used as a secondary cure upon the physical properties of three composite resins. I. Diametral tensile strength, compressive strength, and marginal dimensional stability. 1987 ; *Quintessence Int* 18 : 265–271.
112. Wendt, S. L. The effect of heat used as secondary cure upon the physical properties of three composite resins. II. Wear, hardness, and color stability. 1987 ; *Quintessence Int* 18, 351–356.
113. Cook, W. D. & Johannson, M. The influence of postcuring on the fracture properties of photo-cured dimethacrylate based dental composite resin. 1987 ; *J. Biomed. Mater. Res.* 21 : 979–989.
114. Park, S. H. Comparison of degree of conversion for light-cured and additionally heat-cured composites. 1996 ; *J Prosthet Dent* 76 : 613–618.

115. Dietschi, D., Scampa, U., Campanile, G. & Holz, J. Marginal adaptation and seal of direct and indirect Class II composite resin restorations: an in vitro evaluation. 1995 ; Quintessence Int 26 : 127–138.
116. Dietschi, D. & Herzfeld, D. In vitro evaluation of marginal and internal adaptation of class II resin composite restorations after thermal and occlusal stressing. 1998 ; Eur. J. Oral Sci. 106 : 1033–1042.
117. Shortall, A. C. & Baylis, R. L. Microleakage around direct composite inlays. 1991 ; J Dent 19 : 307–311.
118. Spreafico, R. C., Krejci, I. & Dietschi, D. Clinical performance and marginal adaptation of class II direct and semidirect composite restorations over 3.5 years in vivo. 2005 ; J Dent 33 : 499–507.
119. Magne, P., Kim, T. H., Cascione, D. & Donovan, T. E. Immediate dentin sealing improves bond strength of indirect restorations. 2005 ; J Prosthet Dent 94 : 511–519.
120. Rickman, L. J., Padipatvuthikul, P. & Chee, B. Clinical applications of preheated hybrid resin composite. 2011 ; Br Dent J 211 : 63–67.
121. Lovell, L. G., Lu, H., Elliott, J. E., Stansbury, J. W. & Bowman, C. N. The effect of cure rate on the mechanical properties of dental resins. 2001 ; Dent Mater 17 : 504–511.
122. Nash RW, Rhyne KM : A new flexible model technique for fabricating indirect composite resin inlays and onlays. 1990 ; Dentistry Today 9(3) : 26.
123. Tay FR, Wei SH. Indirect posterior restorations using a new chairside microhybrid resin composite system. J Adhes Dent. 2001 ; 3: 89-99.

BERCEVILLE (Jordan) - Restaurations esthétiques collées par inlay-onlay composite en technique semi-directe.

(Thèse : 3^{ème} cycle Sci. odontol. : Strasbourg : 2019 ; N°50)

N°43.22.19.50

Résumé :

Dans une approche toujours plus conservatrice en dentisterie restauratrice, les restaurations partielles collées de type inlay-onlay occupent une place de plus en plus importante. Certaines limites telles que le coût et la nécessité de réaliser le travail en deux séances cliniques apparaissent encore parfois comme un frein pour le chirurgien-dentiste ou le patient. La réalisation de pièces en méthode semi-directe est une technique alternative décrite depuis le début des années 1990 par Didier Dietschi et Roberto Spreafico. Cette technique, plus actuelle que jamais grâce notamment à la mise sur le marché de composites hydrides toujours plus chargés, possède l'avantage de s'affranchir de la partie laboratoire et des multiples séances cliniques.

La première partie est une description des différentes possibilités de restaurations partielles collées que possède le chirurgien-dentiste pour traiter des dents délabrées. Chacune de ces techniques a fait l'objet d'une analyse permettant d'en ressortir leurs indications, leurs avantages ainsi que leurs inconvénients.

Dans un second temps, les principes de bases de la technique semi-directe sont énoncés et une revue de littérature exhaustive depuis sa première apparition il y a plus de 30 ans y est attachée.

La troisième partie est un travail menant à une optimisation de la technique en mettant à profit les bénéfices des matériaux actuels et permettant de couvrir davantage d'indications cliniques.

En dernier lieu, une discussion est menée sur la place de ce type de restauration dans le large arsenal thérapeutique déjà à disposition du chirurgien-dentiste. Les paramètres physiques, chimiques ou encore mécaniques ainsi que leur évolution y sont intégrés, mais également l'impact de la nouvelle convention dentaire, effective au 1er avril 2019, sur la réalisation de ce type de restauration.

Rubrique de classement : ODONTOLOGIE -CONSERVATRICE

Mots clés : ODONTOLOGIE CONSERVATRICE
RESINE COMPOSITE
COLLAGE
INLAY/ONLAY
SEMI-DIRECT

Me SH : RESTORATIVE DENTISTRY
COMPOSIT RESIN
BONDING
INLAY/ONLAY
SEMI-DIRECT

Jury :

Président : Professeur Youssef HAIKEL
Assesseurs : Professeur Maryline MINOUX
Docteur Sophie BAHI-GROSS
Docteur François REITZER
Membre invité : Docteur Ali SALEHI

Coordonnées de l'auteur :

J. BERCEVILLE 13 Rue des Pervenches, 57500 SAINT-AVOLD