



HAL
open science

Le collage en orthodontie : données actuelles

Margaux Colpart

► **To cite this version:**

Margaux Colpart. Le collage en orthodontie : données actuelles. Médecine humaine et pathologie. 2022. dumas-04119346

HAL Id: dumas-04119346

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04119346>

Submitted on 6 Jun 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

THÈSE

**POUR OBTENIR LE DIPLÔME D'ÉTAT
DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE**

Présentée et publiquement soutenue devant

Aix-Marseille Université
(Président : Monsieur le Professeur Éric BERTON)

Faculté des Sciences Médicales et Paramédicales
(Doyen : Monsieur le Professeur Georges LEONETTI)

École de Médecine Dentaire
(Directeur : Monsieur le Professeur Bruno FOTI)

Le collage en orthodontie : données actuelles

Présentée par

COLPART Margaux

Née le 10/03/1995

A Aix-en-Provence

Thèse soutenue le **Mercredi 7 Décembre 2022**

Devant le jury composé de

Président : Professeur LE GALL Michel

Assesseurs : Docteur PHILIP-ALLIEZ Camille

Docteur CAMOIN Ariane

Docteur AMOUYAL Lucas

THESE

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

Présentée et publiquement soutenue devant

Aix-Marseille Université
(Président : Monsieur le Professeur Éric BERTON)

Faculté des Sciences Médicales et Paramédicales
(Doyen : Monsieur le Professeur Georges LEONETTI)

École de Médecine Dentaire
(Directeur : Monsieur le Professeur Bruno FOTI)

Le collage en orthodontie : données actuelles

Présentée par

COLPART Margaux

Née le 10/03/1995

A Aix-en-Provence

Thèse soutenue le **Mercredi 7 Décembre 2022**

Devant le jury composé de

Président : Professeur LE GALL Michel

Assesseurs : Docteur PHILIP-ALLIEZ Camille

Docteur CAMOIN Ariane

Docteur AMOUYAL Lucas

ADMINISTRATION

Doyens Honoraires

Professeur	Raymond SANGIUOLO ⁺
Professeur	Henry ZATTARA
Professeur	André SALVADORI
Professeur	Jacques DEJOU

Directeur

Professeur	Bruno FOTI
------------	------------

Directeurs adjoints

Professeur	Michel RUQUET
Professeur	Anne RASKIN

Chargés de missions

Formation Initiale	Professeur	Michel RUQUET
Recherche	Professeur	Anne RASKIN
Formation Continue	Professeur	Frédéric BUKIET

Relations Internationales
Internat et Diplômes d'études spécialisées
Affaires générales

Professeur	Hervé TASSERY
Professeur	Virginie MONNET-CORTI
Docteur	Patrick TAVITIAN

Responsable Administrative

Madame	Katia LEONI
--------	-------------

PROMOTIONS :

2019 Raymond SANGIUOLO
2020 Gaston BERGER
2021 Joseph MIGOZZI
2022 Jérôme GALLION

LISTE DES ENSEIGNANTS

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS – PRATICIENS HOSPITALIERS DES CSERD

BUKIET Frédéric (58-01)
FOTI Bruno (58-02)
LE GALL Michel (56-01)
MONNET-CORTI Virginie (57-01)
RASKIN Anne (58-01)
RUQUET Michel (58-01)
TARDIEU Corinne (56-01)
TARDIVO Delphine (56-02)
TASSERY Hervé (58-01)
TERRER Elodie (58-01)

PROFESSEUR DES UNIVERSITÉS

ABOUT Imad (65)

PROFESSEURS ÉMÉRITES

DEJOU Jacques (58-01)
HUE Olivier (58-01)

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITÉS – PRATICIENS HOSPITALIERS DES CSERD

ABOUDHARAM Gérard (58-01)	LAN Romain (56-02)
ANTEZACK Angeline (57-01)	LAURENT Michel (58-01)
BELLONI Didier (57-01)	MAILLE Gérald (58-01)
BOHAR Jacques (56-01)	MENSE Chloé (58-01)
CAMOIN Ariane (56-01)	PHILIP-ALLIEZ Camille (56-01)
CAMPANA Fabrice (57-01)	POMMEL Ludovic (58-01)
CATHERINE Jean-Hugues (57-01)	PRECKEL Bernard-Éric (58-01)
GAUBERT Jacques (56-01)	RÉ Jean-Philippe (58-01)
GIRAUD Thomas (58-01)	ROCHE-POGGI Philippe (57-01)
GIRAUDEAU Anne (58-01)	SILVESTRI Frédéric (58-01)
GUIVARC'H Maud (58-01)	STEPHAN Grégory (58-01)
JACQUOT Bruno (58-01)	TAVITIAN Patrick (58-01)
LABORDE Gilles (58-01)	TOSELLO Alain (58-01)

MAITRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS ASSOCIÉS

BALLESTER Benoît (58-01)
BLANCHET Isabelle (58-01)
CASAZZA Estelle (58-01)

CHEFS DE CLINIQUE DES UNIVERSITÉS - ASSISTANTS DES HÔPITAUX

ARNIER Canelle (56-01)	MADENIAN Pauline (58-01)
BOREL Guillaume (56-02)	MANSUY Charlotte (58-01)
BAUDINET Thomas (58-01)	MARTIN William (56-01)
BRINCAT Arthur (57-01)	ONGHENA Tom (56-01)
BROS Agnès (56-01)	PASCHEL Laura (58-01)
CHIARINI Thomas (58-01)	PILLIOL Virginie (58-01)
DUPRAT Florence (56-01)	PRINCE Fanny (57-01)
FAURE-BRAC Mathias (57-01)	RAYNAUD Camille (58-01)
FERRE Enzo (58-01)	REYNAL Florence (56-01)
FOUQUES Agathe (56-01)	ROMAO Vincent (57-01)
HAMMOUTENE Stéphane (57-01)	ROUSCOFF Eva (57-01)
LAFONT Jacinthe (57-01)	SADOWSKI Camille (57-01)
LAURENT Camille (58-01)	TERRER Jérémy (56-01)
LIOTARD Alicia (58-01)	VIEILLARD Pierre (56-01)

ASSISTANTE DES UNIVERSITÉS ASSOCIÉ

BROTON Adèle (56-01)

Intitulés des sections CNU :

56^{ème} section : Développement, croissance et prévention

56-01 Odontologie pédiatrique et orthopédie dento-faciale

56-02 : Prévention – Epidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale

57^{ème} section : Chirurgie orale, Parodontologie, Biologie Orale

57-01 : Chirurgie orale – Parodontologie – Biologie orale

58^{ème} section : Réhabilitation orale

58-01 : Dentisterie restauratrice – Endodontie – Prothèses – Fonction-Dysfonction – Imagerie – Biomatériaux

L'auteur s'engage à respecter les droits des tiers, et notamment les droits de propriété intellectuelle. Dans l'hypothèse où la thèse comporterait des éléments protégés par un droit quelconque, l'auteur doit solliciter les autorisations nécessaires à leur utilisation, leur reproduction et leur représentation auprès du ou des titulaires des droits. L'auteur est responsable du contenu de sa thèse. Il garantit l'Université contre tout recours. Elle ne pourra en aucun cas être tenue responsable de l'atteinte aux droits d'un tiers

Remerciements

**A NOTRE PRESIDENT DU JURY,
Monsieur le Professeur Michel LE GALL**

*Nous vous remercions de l'honneur que vous nous avez
fait en acceptant de présider notre jury de thèse.*

*Nous sommes très fiers de soumettre ce travail
à votre jugement compétent.*

*Nous vous prions de croire en notre profonde
reconnaissance et notre plus grande gratitude.*

**A NOTRE DIRECTRICE ET MEMBRE DU JURY DE THESE,
Madame le Docteur Camille PHILIP-ALLIEZ**

*Nous tenons à vous remercier d'avoir accepté
la direction de ce sujet de thèse.
Merci pour toute l'attention, le temps
et la gentillesse que vous nous avez consacrés
dans la réalisation de ce travail.
Vous avez su nous guider avec pertinence
pour mener à bien cet ouvrage.
Veuillez trouver dans cette Thèse,
le témoignage de notre sincère considération
et nos remerciements.*

**A NOTRE MEMBRE DU JURY DE THESE,
Madame le Docteur Ariane CAMOIN**

*Nous vous sommes très reconnaissante d'avoir
accepté sans hésitation de faire partie de ce jury.*

*Nous vous remercions pour votre disponibilité,
votre dévouement et votre gentillesse, que nous
avons pu apprécier tout au long de nos études.*

*Veillez recevoir ici le témoignage de notre
profonde sympathie et d'une gratitude sincère.*

**A NOTRE MEMBRE DU JURY DE THESE,
Monsieur le Docteur Lucas AMOUYAL**

*Vous nous avez fait l'honneur d'avoir accepté
de siéger à ce jury de thèse.*

*Veillez trouver ici le témoignage
de notre estime et de notre sincère
reconnaissance.*

*Nous voulons également exprimer ici
notre profonde sympathie et amitié.*

Table des matières

1	LES DIFFÉRENTS SUBSTRATS RENCONTRÉS ET PRÉPARATION DES SURFACES.....	2
1.1	Mécanismes de l'adhésion	2
1.2	Notion d'interfaces de collage	2
1.3	Biofilm salivaire	3
1.4	Collage sur substrats naturels.....	4
1.4.1	Collage sur l'émail.....	4
1.4.1.1	Composition.....	4
1.4.1.2	Préparation de surface.....	4
1.4.2	Collage sur la dentine	8
1.4.2.1	Composition.....	8
1.4.2.2	Préparation de surface.....	8
1.5	Collage sur substrats non naturels	8
1.5.1	Collage sur la céramique	8
1.5.1.1	Préparation de surface.....	9
1.5.2	Collage sur la résine composite	12
1.5.2.1	Préparation de surface.....	12
1.5.3	Collage sur le métal	14
1.5.3.1	Préparation de surface.....	14
1.5.4	Collage sur l'amalgame.....	15
1.5.4.1	Préparation de surface.....	15
1.6	Tableau récapitulatif des différents substrats et des protocoles de préparation de surface	17
2	LES MATÉRIAUX D'ASSEMBLAGE	19
2.1	Principes généraux.....	19
2.2	Cahier des charges des systèmes de collage en orthodontie	19
2.3	Les systèmes adhésifs	20
2.3.1	Classification des systèmes adhésifs	20
2.3.2	Composition des systèmes adhésifs.....	22
2.3.3	Adhésifs utilisés en orthodontie.....	23
2.3.3.1	Technique conventionnelle.....	23
2.3.3.2	Alternative : les adhésifs auto-mordançant.....	25
2.4	Les colles	26
2.4.1	La résine composite : définition et composition	26
2.4.1.1	Matrice organique.....	27
2.4.1.2	La phase inorganique	29
2.4.1.3	Le silane	30
2.4.2	Les colles ou composites sans potentiel adhésif.....	30
2.4.3	Les colles avec potentiel adhésif	30
2.4.4	Composites ou colles auto-adhésives	31
2.4.5	Les colles utilisées en orthodontie	31
2.4.5.1	Les colles à polymérisation chimique.....	31
2.4.5.2	Les colles à polymérisation photochimique ou photopolymérisation.....	33
2.4.5.3	Les composites auto-adhésifs en orthodontie.....	35
2.4.5.4	Les colles spécifiques pour le collage indirect.....	36
2.4.5.5	L'apport des nanoparticules dans les colles orthodontiques	37
2.4.5.6	L'apport des fibres de verre greffées en nano-hydroxyapatite (nHA) dans les colles orthodontiques.	38

2.5	Les ciments	38
2.5.1	Classification des CVI	39
2.5.2	Composition des CVI	39
2.5.3	Mécanismes d'adhésion des CVI	40
2.5.4	Les CVI utilisés en orthodontie	40
2.5.4.1	<i>Protocole clinique</i>	41
2.5.4.2	<i>Les CVI en prévention des white spots</i>	42
2.5.4.3	<i>Exemples de produits commercialisés</i>	44
2.6	Tableau récapitulatif des matériaux d'assemblage et protocoles	46
3	CAS CLINIQUES : EXEMPLES DE COLLAGES ORTHODONTIQUES	48
3.1	Collage direct avec une colle photopolymérisable	48
3.1.1	Rappels	48
3.1.2	Cas clinique	48
3.2	Collage indirect à l'aide d'une colle et d'un CVIMAR photopolymérisables	51
3.2.1	Rappels	51
3.2.2	Cas clinique	51
	CONCLUSION	55
	TABLE DES ILLUSTRATIONS	56
	BIBLIOGRAPHIE	I

INTRODUCTION

Le collage aux tissus dentaires est un acte quotidien en dentisterie. Nous utilisons le collage dans de nombreux domaines tel que l'odontologie conservatrice, l'odontologie prothétique ou encore l'orthodontie. Le collage a été un domaine d'intérêt primordial dans la recherche orthodontique depuis l'introduction de la technique de mordançage à l'acide par Buonocore en 1955⁽⁸⁾.

Puis, dans les années 1960, après de longues années de recherches, Newman et Miura⁽³⁷⁾ mirent au point le collage des attaches à l'émail. Ils sont pionniers de l'orthodontie moderne. L'assemblage collé en orthodontie est constitué de trois composants qui sont le substrat, la colle et l'attache. Ces trois composants définissent deux interfaces, colle/substrat et l'interface colle/attache. C'est l'étude de ces deux interfaces et de la qualité des colles qui nous permet d'optimiser les performances du collage.

Notre travail s'articule donc en trois parties. Tout d'abord, nous étudierons les différents substrats rencontrés en orthodontie, puis les matériaux de collage de cette spécialité, et enfin, des cas cliniques seront présentés pour illustrer notre sujet.

1 LES DIFFÉRENTS SUBSTRATS RENCONTRÉS ET PRÉPARATION DES SURFACES

1.1 Mécanismes de l'adhésion

Le collage ou adhésion est l'ensemble des interactions qui contribuent à unir deux corps, dans le but de créer une résistance mécanique à la séparation.

L'adhésion s'explique selon deux modèles principaux :

- le modèle par ancrage micromécanique, selon lequel la rétention se fait par engrenement (adhésif infiltrant les irrégularités du substrat rencontré) ;
- le modèle chimique, impliquant la présence de liaisons chimiques.⁽²⁵⁾

Un résultat idéal du collage de l'attache en orthodontie sur n'importe quelle surface devrait aboutir à une fixation suffisamment solide pour supporter les forces du traitement et de la mastication sans se déloger, tout en évitant d'endommager la surface du substrat lors du décollement après la fin du traitement. La force de liaison à la traction souhaitée des attaches métalliques à la structure dentaire nécessaire pour effectuer un traitement orthodontique serait d'environ 6 MPa à 8 MPa. Par conséquent, la force de liaison à la surface ne doit pas dépasser cette limite supérieure.⁽⁸⁾

1.2 Notion d'interfaces de collage

Chaque composant constituant l'ensemble collé crée une interface avec le composant avec lequel il est en contact. Il existe trois composants : le **substrat** (qui est le plus souvent l'émail, mais nous retrouvons le métal, la céramique ou encore la résine composite), la **colle** et l'**attache**.⁽⁴⁷⁾

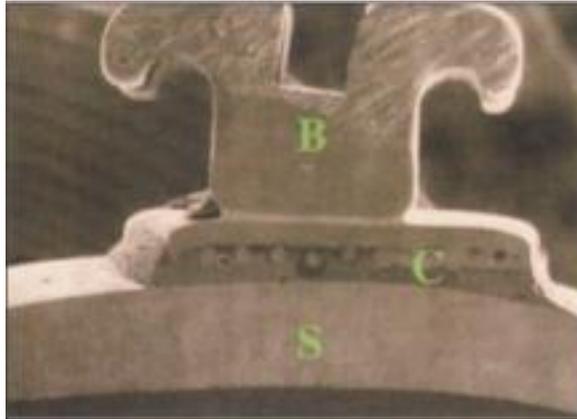


Figure 1 : Coupe longitudinale d'une attache orthodontique B : attache ; C : colle ; S : substrat⁽⁴⁷⁾.

Ces trois composants forment deux interfaces : l'interface **colle/substrat** et l'interface **colle/attache**. L'étude de ces interfaces permet d'améliorer considérablement la qualité du collage.

L'interface colle/substrat dépend de la nature et des propriétés de la colle, ainsi que de la nature du traitement de surface du substrat. L'interface colle/attache dépend également de la nature et des propriétés de la colle mais aussi de la nature et du traitement de la base de l'attache, qui sont réalisés par le fabricant.

En réalité clinique, nous retrouvons plutôt trois interfaces, car la colle est constituée de l'**adhésif** et du **composite** de collage, qui constituent deux entités à part entière.⁽⁴⁷⁾

1.3 Biofilm salivaire

Chez l'homme, le microbiote buccal est très complexe et diversifié. Les bactéries prédominent et sont nombreuses. Elles s'organisent en biofilm.

Le biofilm est une structure hydratée composée d'une couche amorphe de glycoprotéines et de polysaccharides qui est déposée instantanément par la salive sur les épithéliums des différentes muqueuses buccales, sur la surface des dents (émail) et sur tout autre matériau dans la cavité buccale (céramique, métaux, composites...)⁽¹⁵⁾

Cette pellicule fait environ 5 microns d'épaisseur, et peut être facilement éliminée par un nettoyage prophylactique avant le collage ou à l'aide d'acides (phosphorique ou encore polyacrylique).

Il est essentiel de l'éliminer afin d'exposer la surface du substrat sous-jacente et permettre une liaison durable avec le matériau de collage.⁽⁸¹⁾

1.4 Collage sur substrats naturels

1.4.1 Collage sur l'émail

1.4.1.1 *Composition*

L'émail se distingue par une structure acellulaire, avasculaire et non innervée qui recouvre la couronne dentaire. C'est un tissu presque exclusivement minéral, comportant environ 97% en poids d'hydroxyapatite, 2% de protéines et 1% d'eau.^(8,9)

1.4.1.2 *Préparation de surface*

Le conditionnement de l'émail est nécessaire pour obtenir une topographie de surface capable d'assurer la rétention de la colle. Un matériau de collage doit pouvoir s'étaler à la surface du substrat pour obtenir une bonne adhésion. Afin que cet étalement soit optimal, il faut augmenter la réactivité des surfaces dentaires, ce qui permet d'augmenter la mouillabilité. Cette **mouillabilité** est nécessaire pour espérer avoir une adhésion chimique. Différents paramètres sont à prendre en compte dont : la tension superficielle de l'adhésif et l'énergie de surface du substrat.⁽²³⁾

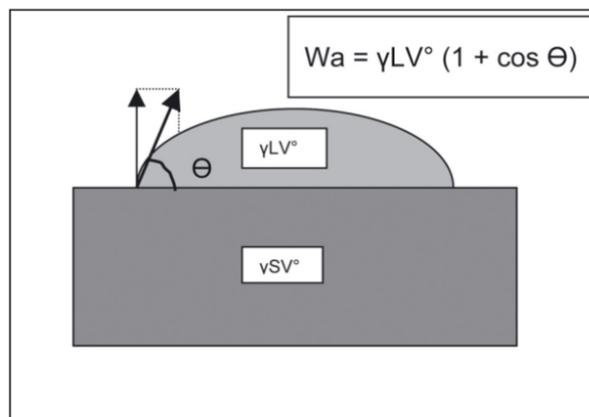


Figure 2 : Mesure de l'angle de contact⁽²³⁾.

Ces paramètres sont reliés par la relation de Young qui relie le travail d'adhésion (W_a) à l'angle de contact θ formé par une goutte d'un liquide de référence déposée à la surface d'un solide. Plus l'angle est proche de zéro, plus le potentiel d'adhésion est élevé. Par conséquent, pour augmenter les forces d'adhésion, les substrats nécessitent un traitement de surface susceptible d'accroître leur énergie de surface.⁽²³⁾

L'air abrasion

Alors que l'utilisation d'acides permet d'obtenir l'effet de micro-gravure, l'air abrasion, également appelée sablage, provoque une macro-gravure. Il a été testé comme une approche relativement conservatrice qui augmente la rugosité de surface sans déminéraliser l'émail. Le sablage consiste à propulser des microparticules d'oxyde d'alumine de 50 microns sur la surface de la dent.



Figure 3 : Micro-sableuse⁽⁶²⁾.

Les lasers

Les lasers, introduits pour la première fois en 1960 par Mainman⁽⁸⁾ en tant que laser à rubis, sont couramment utilisés dans les cabinets dentaires, grâce à leur vaste éventail d'applications. Les lasers les plus utilisés en bouche sont les lasers à CO₂ et les Nd YAG. L'application du laser permet de conditionner l'émail en entraînant une fusion et une recristallisation de celui-ci. Une surface irrégulière avec des pores est créée, ce qui permet la pénétration du ciment.

Différents types de lasers sont capables de conditionner l'émail pour le collage orthodontique, notamment Nd YAG, CO₂, Er YAG et ErCs YSGG.⁽⁸⁾

Il y aurait des avantages à l'utilisation de l'énergie laser pour la gravure de l'émail, notamment la réduction de la probabilité d'endommagement de l'émail avec la réduction de la force de décollement nécessaire. Cependant, certains inconvénients, tels que des effets secondaires thermiques indésirables et le développement de microfissures (qui pourraient représenter un point de départ pour des attaques carieuses) sont à noter.⁽⁵³⁾ Le mordantage au laser (1,5 W) pourrait être une alternative au mordantage à l'acide, puisqu'il engendrerait des pertes amélares moins importantes tout en procurant une force d'adhésion suffisante.⁽⁸⁾

L'acide orthophosphorique

L'acide orthophosphorique est l'agent le plus largement utilisé pour conditionner l'émail pour les procédures de collage. Il n'est pas limité à l'orthodontie dans son utilisation. Introduit pour la première fois en dentisterie en 1955 par Buonocore⁽⁸⁾, une concentration de 85 % était initialement utilisée. Les fabricants, cependant, ont réduit ces concentrations à moins de la moitié.

Le protocole actuel pour coller les attaches à l'émail consiste à utiliser de l'acide orthophosphorique à 37 % pendant 30 secondes sur la surface à mordancer puis à rincer. L'acide déminéralise l'émail à des vitesses variables, créant des microporosités et une topographie de surface inégale, permettant une forte adhérence micromécanique.



Figure 4 : Acide de mordantage Ultradent⁽⁸⁹⁾.

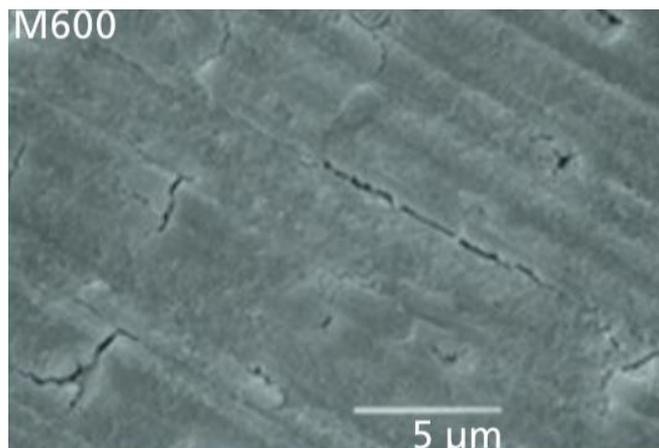


Figure 5 : Surface amélaire avant mordantage⁽²⁷⁾.

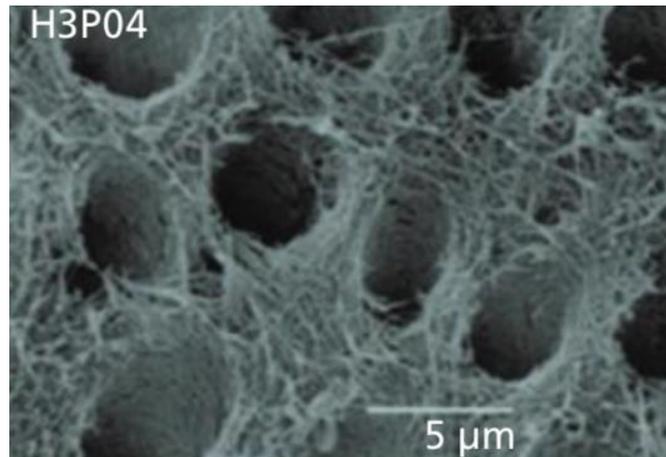


Figure 6 : Surface amélaire après mordantage et séchage modéré où l'on visualise bien le réseau collagénique⁽²⁷⁾.

L'acide maléique

L'utilisation de l'acide maléique est une alternative au mordantage à l'acide orthophosphorique pour l'émail.

Une attaque à l'acide maléique à 10 % pendant 15 secondes crée une morphologie de surface similaire à l'acide orthophosphorique, tout en éliminant également moins de minéraux.

Les résultats comparant l'acide orthophosphorique et la gravure à l'acide maléique ont montré qu'ils fournissent une force de liaison similaire lors des tests d'adhérence du ciment et de l'émail. Il a également été montré que l'acide maléique provoque moins de déminéralisation que l'acide orthophosphorique. Il serait donc nécessaire que d'autres études soient réalisées dans le futur pour confirmer la validité de ces résultats et lancer une tendance vers une gravure plus conservatrice.⁽⁸⁾

L'acide polyacrylique

Les effets de cet acide sur l'émail sont différents. Il ne réalise pas un mordantage : il ne crée pas de rugosités dans l'émail. Il permet la création d'une surface cristalline rétentive avec des cristaux qui se lient fermement à l'émail, produisant ainsi un moyen de rétention mécanique pour la résine. L'acide polyacrylique est essentiellement utilisé pour le conditionnement de la surface amélaire avant le collage par des CVIMAR. L'acide polyacrylique est utilisé à 10 % pendant environ 20 secondes.⁽⁸⁾

1.4.2 Collage sur la dentine

1.4.2.1 *Composition*

La dentine est composée de 70% d'apatite, 20% de collagène et 10% d'eau. Les compositions minérales de la dentine et de l'émail sont sensiblement similaires. Cependant, la fraction d'apatite carbonatée dans la dentine est plus importante, expliquant une sensibilité accrue à la dissolution acide. Par ailleurs, les cristaux sont plus petits et plus irréguliers que ceux de l'émail, augmentant la surface d'action de l'acide.

1.4.2.2 *Préparation de surface*

Ce cas de figure est très rarement rencontré en orthodontie. Le substrat dentinaire n'a pas du tout la même structure, ni la même dureté que l'émail. Cependant le principe de préparation de surface est le même que pour l'émail mis à part la durée de pose de l'acide orthophosphorique qui est de 15 secondes.^(9,26)

1.5 **Collage sur substrats non naturels**

Le nombre de patients adultes désirants un traitement orthodontique a considérablement augmenté ces dernières années. Les praticiens doivent souvent placer des attaches sur diverses surfaces en dehors de l'émail. Il est crucial de savoir quels matériaux ou instruments sont nécessaires pour coller les attaches à chaque surface.

1.5.1 Collage sur la céramique

Il y a une forte probabilité qu'un orthodontiste rencontre des traitements de restauration en céramique. Les structures en céramique ont de nombreux avantages : à savoir la biocompatibilité, une excellente esthétique, une accumulation réduite de plaque bactérienne, une faible dilatation thermique, une résistance à l'abrasion ou à la fracture ainsi qu'une

stabilité des couleurs. Il est difficile d'obtenir une force de liaison raisonnable sur les surfaces en céramique en raison de la présence d'une couche de glaçure qui entrave le processus d'adhésion.⁽³¹⁾

Dans la première partie du 20^{ème} siècle, les premières couronnes avec du feldspath ou de l'alumine comme composants ont été fabriquées. En raison de la différence considérable entre les coefficients de dilatation thermique de la céramique sus-jacente et de l'alliage métallique sous-jacent, la leucite a ensuite été ajoutée aux composants de la céramique feldspath dans les années 1960.⁽⁸⁾

Aujourd'hui, les céramiques les plus utilisées dans les cabinets dentaires sont la feldspathique, le lithium et la zircone.⁽³¹⁾

1.5.1.1 Préparation de surface

Le collage des attaches orthodontique sur une surface céramique présente un degré d'échec plus élevé que le collage sur l'émail, ce qui nécessite de trouver la technique de collage la plus efficace. Une dent avec une restauration en céramique nécessite un protocole de mordantage différent d'une dent saine car la céramique est plus résistante aux acides.

Le traitement de surface de la céramique peut être mécanique, chimique ou une combinaison des deux. L'acide est généralement utilisé pour conditionner la surface pour le collage. Deux facteurs importants sont à prendre en compte lors du conditionnement d'une surface en porcelaine pour le collage : la concentration de l'agent de mordantage utilisé et la durée pendant laquelle la surface y est soumise.⁽⁸⁾

Selon la littérature, le protocole le plus couramment utilisé pour le traitement de surface de la céramique commence par un sablage à l'oxyde d'aluminium, suivi d'un conditionnement à l'acide fluorhydrique. Il nécessite, ensuite, l'application de silane et enfin la mise en place d'une résine de liaison⁽³¹⁾.

L'air abrasion

La préparation mécanique par l'air abrasion utilisée avec de l'oxyde d'aluminium est une autre méthode de traitement de surface proposée. Il crée une surface microscopiquement irrégulière avec une surface plus élevée nécessaire à la rétention du ciment. Cela permet une

rétenion adéquate de l'attache sur la céramique. Il est néanmoins à utiliser avec précaution car il est capable de causer des dommages irréversibles à la céramique.

Un sablage léger permet donc d'éliminer la glaçure de la céramique et d'augmenter la microrugosité de surface.⁽⁸⁵⁾

On peut utiliser une poudre de granulométrie de 50 microns. Cependant, certaines études conseillent d'utiliser plutôt des poudres avec des particules fines inférieures à 50 microns.^(8,14,95,96)

Les fraises diamantées

L'utilisation de fraises diamantées est une technique rendant la surface mécaniquement rugueuse et plus grande. Les fraises peuvent être utilisées avant la mise en place d'un primer sur la céramique pour obtenir une force de liaison adéquate aux attaches orthodontiques. L'utilisation d'une fraise déglacera la céramique et permettra au primer de réagir directement avec la surface. L'augmentation de la rugosité de surface à l'aide de fraises n'augmente pas la force de liaison à la résine d'une quantité statistiquement significative et n'est pas recommandée en tant que technique de conditionnement de surface en soi. De plus, elle cause des dommages irréversibles de la céramique.^(8,52,54)

Le Laser

Avec la popularité croissante des lasers en dentisterie et la réduction progressive de leur coût, ils pourront être utilisés régulièrement à l'avenir. Ils permettraient de surmonter la résistance aux acides de la céramique sans avoir à recourir à des acides hautement corrosifs.

Le laser CO₂ est bien adapté au traitement des surfaces céramiques car sa longueur d'onde d'émission est presque totalement absorbée par la céramique.

Plusieurs études ont montré que la résistance au cisaillement qui, bien qu'inférieure à celle produit par l'utilisation de l'acide fluorhydrique, est à des niveaux cliniquement acceptables sur différents types de céramiques avec l'utilisation laser à CO₂ ou Nd YAG. Cependant, certains auteurs ont trouvé des preuves contradictoires avec l'utilisation de Nd YAG. La différence dans ces résultats est probablement due au fait que différentes céramiques réagissent différemment aux lasers.⁽⁸⁾

L'acide fluorhydrique

Le protocole de préparation d'une surface en céramique se fait par application d'acide fluorhydrique à 9,6% pendant 2 minutes. Le produit est ensuite aspiré et rincé à l'eau pulvérisée.

Les praticiens doivent être prudents lors de la manipulation de l'acide fluorhydrique car il est corrosif et toxique pour les tissus vivants. Le plus grand danger en l'utilisant ne provient pas de son faible pH, mais plutôt de sa toxicité principalement vis-à-vis des tissus mous. Il faut prendre des précautions particulières lorsqu'il est utilisé dans la cavité buccale, car il peut provoquer des brûlures et une nécrose de la gencive.

De plus, les agents de mordantage puissants tels que l'acide fluorhydrique peuvent causer des dommages de surface irréparables à la céramique. La force de liaison élevée de l'attache à la céramique qui en résulte, peut mettre en danger l'intégrité de la restauration ou de la prothèse pendant le processus de décollement du bracket à la fin du traitement.^(8,85)



Figure 7 : Ultradent Porcelain Etch Refill⁽³⁹⁾.

Application de silane

Le protocole de silanisation de la céramique consiste à appliquer **trois couches de silane** sur la surface sèche de la céramique préparée. Le silane se fixe sur les particules de silice dégagées par l'attaque acide. Les trois couches ont pour but de saturer les particules de silice. L'adhésion chimique du silane à la silice crée une couche fortement liée à la surface de la céramique. La résine va réagir avec la couche du silane en établissant aussi une liaison chimique forte.^(8,53,95)



Figure 8 : Ultradent Porcelain Silane⁽⁴⁰⁾.

1.5.2 Collage sur la résine composite

Les praticiens sont confrontés au défi de devoir coller des appareils orthodontiques sur des restaurations en résine composite ou des facettes en résine stratifiée. Nous verrons la composition des différents types de composites en détail dans la deuxième partie de notre travail. Cependant il faut distinguer une résine composite nouvellement mise en bouche et une ancienne restauration composite existante depuis un certain temps.

Les matériaux en céramique ont une structure inerte, ils évoluent peu dans l'environnement buccal. Les matériaux composites, eux, subissent une dégradation due aux interactions mécaniques et chimiques en bouche. La liaison chimique d'une résine composite à une autre surface de résine composite est rendue possible par les groupes méthacrylate non réactifs, qui se trouvent dans la couche inhibée en oxygène de la résine non polymérisée.

Cependant, la réduction de ces groupes méthacrylates non réactifs avec le temps et l'intervention d'instruments de polissage des composites réduisent la force de liaison entre les résines composites vieilles et fraîches. D'après plusieurs articles, la réfection des vieilles restaurations composites serait théoriquement nécessaire pour obtenir un collage orthodontique optimal.

En pratique, plusieurs techniques de préparation de surface ont été proposées pour augmenter la force de liaison des attaches orthodontiques aux restaurations composites existantes.

1.5.2.1 *Préparation de surface*

Il est difficile d'obtenir une liaison durable à un substrat dentaire autre que l'émail. De nombreuses techniques telles que le mordantage, la rugosité de surface et le conditionnement de surface par des agents chimiques ont été recommandés pour augmenter la force de liaison.

Les méthodes chimiques comprennent l'attaque prolongée à l'acide orthophosphorique, l'acide fluorhydrique, et la silanisation. Une étude a montré que le type de support est plus important que le type d'agent de liaison pour augmenter la force de liaison du support à la

résine composite. Cependant, aucun consensus n'a été établi sur un protocole spécifique à cet effet.

D'après de nombreux articles, le protocole de référence le plus retrouvé consiste à sabler la surface à coller à l'aide d'oxyde d'alumine d'un diamètre de 50 microns puis rincer, sécher et appliquer un primaire plastique.

L'air abrasion et fraisage

Les articles montrent que l'utilisation de fraise diamantée et l'air abrasion sont toutes deux efficaces pour augmenter la force de liaison.

Le traitement de surface avec une **fraise diamantée** permet une force de liaison un peu plus élevée entre les attaches et les restaurations composites qu'avec l'air abrasion. Cette méthode a été considérée comme une méthode sûre et efficace d'après de nombreux articles. Les valeurs obtenues avec l'air abrasion n'en sont pas moins négligeables et rendent cette méthode tout aussi efficace.

On rapporte, en revanche, une force de liaison très faible lorsqu'aucune préparation de surface mécanique n'est effectuée. On peut en conclure que la rugosité de surface rendue possible grâce à une préparation mécanique est essentielle.

Cependant la préparation de surface par fraise diamantée ou par sablage présente également des inconvénients. La rugosité mécanique à l'aide d'une fraise diamantée peut ne pas convenir dans les situations où le clinicien ne souhaite pas abraser une surface de résine composite esthétique hautement polie. Cela provoquerait une usure irréversible. C'est pourquoi on privilégie plutôt une préparation de surface mécanique par **sablage** avec l'air abrasion.

Mordançage

Contrairement à l'émail dentaire, le mordançage classique à l'acide phosphorique n'a aucun effet sur les surfaces de restauration en composite. De même, l'utilisation d'un mordançage à l'acide fluorhydrique est à proscrire.^(8,30,49,45,83,84,91)

Primer plastique

Une fois déposé sur la surface composite en bouche, le primer doit être séché afin d'évaporer les solvants. Cette surface ne doit plus être souillée, ni rincée. Elle est prête pour le collage.^(8,91)



Figure 9 : Reliance Plastic conditioner⁽⁶⁷⁾.

1.5.3 Collage sur le métal

Plusieurs grandes classes d'alliages peuvent être distinguées : les alliages à base de **nickel et de chrome**, les alliages à base de **cobalt et de chrome** et les alliages à base de **titane**. Les alliages non précieux possèdent des oxydes de nickel ou de chrome en surface qui permettent une liaison avec les monomères résineux. Cependant, il est nécessaire de préparer la surface de ces couronnes métalliques avec différentes étapes.

1.5.3.1 *Préparation de surface*

L'air abrasion

Le **sablage** de la surface à coller a pour but l'éviction du biofilm et d'une partie de la couche superficielle qui recouvre la prothèse. Le métal prend alors un aspect mat, dépoli. Le sablage augmente la surface de contact avec les matériaux d'assemblage et crée des microrétentions. Cependant, il s'avère nécessaire de lui adjoindre des traitements chimiques pour optimiser la durabilité de l'assemblage.

Primer métal

Le mordantage à l'acide ne peut pas être utilisé avec une surface métallique. Le **primer métal** permet de créer un lien chimique entre le métal et l'adhésif. Le primer va tenter, d'une part, de constituer des liaisons avec la surface de l'alliage et, d'autre part, de se lier à la colle. Une

fois appliqué sur la couronne métallique, le primer doit être séché afin d'évaporer les solvants. Cette surface ne doit plus être souillée, ni rincée. Elle est prête pour le collage.^(8,72)



Figure 10 : Reliance Metal Primer ⁽⁶¹⁾.

1.5.4 Collage sur l'amalgame

On retrouve couramment des restaurations à l'amalgame de différentes tailles et complexités sur les dents postérieures, la plupart du temps. Dans 50 à 85 % de la population, est retrouvée au moins une restauration à l'amalgame. Ces restaurations sont régulièrement dans un état cliniquement acceptable. Cependant, les orthodontistes rencontrent fréquemment des problèmes de collage des attaches orthodontiques sur l'amalgame. Le remplacement de l'amalgame par un composite de résine est une solution courante pour les restaurations de petite taille. Le remplacement d'une obturation à l'amalgame par une résine composite peut produire de la vapeur de mercure. Cette vapeur est toxique et entraîne inévitablement une plus grande destruction de la structure dentaire.

1.5.4.1 *Préparation de surface*

Peu de tests ont été effectués sur les méthodes de conditionnement des amalgames à des fins orthodontiques. Zahrisson et al ⁽⁸⁾ ont été les premiers à tenter la liaison des attaches orthodontiques à l'amalgame. Le même protocole que le collage sur métal est indiqué.

La technique de mordantage à l'acide n'est pas envisageable sur l'amalgame car elle offre une force de liaison bien inférieure par rapport à la liaison directe aux substrats dentaires.

L'air abrasion, fraise diamantée, laser et primer métal

Il est suggéré encore là d'utiliser une **sableuse** avec de l'oxyde d'aluminium de 50 μm pour obtenir une rugosité de surface optimale. Cependant, d'après plusieurs articles, la force de liaison qui en résulte est bien inférieure à celle de l'attache collée à l'émail, considéré comme la référence.

La rugosité de surface de l'amalgame à l'aide de **fraises diamantées** a également été testée, mais a montré des forces de liaison plus faibles qu'avec la sableuse.

Le **laser Er YAG** a la capacité d'ablater les surfaces d'amalgame. Il augmente la surface en créant des rayures en forme de cratère de 100 μm de diamètre. Dans une étude in vitro, le traitement au laser s'est avéré être une alternative appropriée.

La préparation de surface est complétée par l'application du **primer métal** comme pour le métal.^(8,94)

1.6 Tableau récapitulatif des différents substrats et des protocoles de préparation de surface

Substrats	Étapes de préparation des surfaces avant mise en place des matériaux d'assemblage
Email	<p>1) - Sablage à l'air abrasion avec des particules d'oxyde d'alumine d'un diamètre de 50 microns - Rinçage - Séchage</p> <p>2) - Mordançage à l'acide orthophosphorique à 37% pendant 30s - Rinçage - Séchage</p> <p>ou</p> <p>- Acide maléique à 10% pendant 15s - Rinçage - Séchage</p> <p>ou</p> <p>- Laser 1,5W pendant 15s</p>
Dentine	Même protocole que pour l'émail hormis l'application d'acide orthophosphorique pendant 15s.
Céramique	<p>1) - Sablage à l'air abrasion avec des particules d'oxyde d'alumine d'un diamètre de 50 microns - Rinçage - Séchage</p> <p>ou</p> <p>- Fraise diamantée</p> <p>2) - Acide fluorhydrique à 9,6% pendant 2 min - Aspiration - Rinçage - Séchage</p> <p>ou</p> <p>- Laser 1,5W pendant 15s</p> <p>3) - Silane : application de 3 couches successives avec séchage entre chacune des couches.</p>

Substrats	Étapes de préparation des surfaces avant mise en place des matériaux d'assemblage
Résine composite	1) - Sablage à l'air abrasion avec des particules d'oxyde d'alumine d'un diamètre de 50 microns - Rinçage - Séchage ou - Fraise diamantée 2) - Primer plastique : Appliquer 1 couche puis sécher pour faire évaporer les solvants
Métal	1) - Sablage à l'air abrasion avec des particules d'oxyde d'alumine d'un diamètre de 50 microns - Rinçage -Séchage 2) - Primer métal : Appliquer 1 couche puis sécher pour faire évaporer les solvants
Amalgame	1) - Sablage à l'air abrasion avec des particules d'oxyde d'alumine d'un diamètre de 50 microns - Rinçage - Séchage ou - Fraise diamantée ou - Laser 1,5W pendant 15s 2) - Primer métal et sécher pour évaporer les solvants

2 LES MATERIAUX D'ASSEMBLAGE

2.1 Principes généraux

Les matériaux d'assemblage peuvent être classés en trois catégories : les colles, les ciments et les résines adhésives. La distinction se fait uniquement selon la nature de la réaction de prise et non sur leur capacité à adhérer aux différents substrats. La prise d'un ciment se fait selon une réaction acide-base, alors qu'une colle durcit par réaction de polymérisation.⁽²⁸⁾

2.2 Cahier des charges des systèmes de collage en orthodontie

Les travaux des Docteurs Hitmi, Attal et Degrange⁽⁴⁷⁾ en 2002 ont permis de clarifier et de généraliser les connaissances sur le collage en dentisterie et plus spécifiquement en orthodontie. Certaines propriétés des systèmes de collage orthodontiques doivent être communes à tous les biomatériaux devant être appliqués dans la cavité buccale. Ils doivent tout d'abord présenter une **résistance aux agressions chimiques et physico-chimiques** du milieu buccal, que l'on retrouve lors des variations de pH et de la température. Ils doivent également être **résistants à la solubilité**, dû à la présence permanente de la salive. En dernier, les matériaux doivent être **biocompatibles**.

Dans la cadre orthodontique, d'autres propriétés sont nécessaires. Ils doivent présenter :

- une **adhésion suffisante**, afin d'éviter le décollement des attaches ;
- une **étanchéité** immédiate, qui perdure dans le temps, pour prévenir des infiltrations bactériennes, à l'origine des lésions carieuses et des leucomes pré-carieux ;
- des **propriétés mécaniques suffisantes** mais pas excessives pour ne pas endommager l'émail lors de la dépose ;
- un temps de **travail suffisamment long** pour pouvoir coller plusieurs attaches en même temps ;
- une **élimination facile des excès** de colle ;
- une **dépose facile** des attaches ;
- une certaine **tolérance à la manipulation en milieu humide**.

Il n'existe à ce jour aucun système de collage respectant la totalité de ce cahier des charges et l'orthodontiste doit choisir son propre système en fonction des données disponibles, de ses affinités et de la situation clinique.⁽⁴⁷⁾

2.3 Les systèmes adhésifs

2.3.1 Classification des systèmes adhésifs

Le concept de génération a été utilisé en raison de la complexité des agents de liaison. La variété des classifications fait référence à quand et dans quel ordre ce type d'adhésif a été développé par l'industrie dentaire⁽⁸²⁾.

L'histoire des adhésifs dentaires a commencé dès 1949, lorsque le Dr Hagger⁽²⁶⁾ un chimiste Suisse a déposé le brevet du premier adhésif dentaire à base de Glycérol Phosphate di Méthacrylate (GPMD).

Entre 1955 et 1990, les **trois premières générations** se succèdent avec différentes propositions d'utilisation de certains monomères (4-META, HEMA, NPG-GMA...) ou, par exemple, le traitement de la dentine à l'acide chlorhydrique à 7%. Ces générations reposent sur un traitement séparé de la dentine et de l'émail.

En 1990, la **4^{ème} génération** repose sur l'emploi d'une technique de mordantage total de l'émail et de la dentine. Elle repose sur trois temps opératoires : le mordantage acide de l'émail et de la dentine, l'infiltration de la surface traitée par un primaire d'adhésion « primer » et l'application de la résine adhésive hydrophobe « bonding ». Le mordantage permet d'éliminer la boue dentinaire et induit une déminéralisation du substrat sur une profondeur de quelques microns. Le but est de permettre la pénétration de la résine adhésive dans les tubulis dentinaires et les fibres de collagènes libérées à la suite de l'action de l'acide phosphorique. C'est le principe d'adhésion micromécanique de la couche hybride et brides résineuses décrit par Nakabayashi⁽²⁶⁾ en 1982. L'adhérence dentinaire se quantifie autour de 15 à 20 MPa. Bon nombre de ces systèmes de 4^{ème} génération sont toujours d'actualité et représentent encore une référence, un « gold standard ». Les générations suivantes n'apportent pas d'évolutions majeures en termes de performance adhésive mais en termes de conditionnement, d'ergonomie et de traitement de la boue dentinaire.

Une **5^{ème} génération** voit le jour en vue d'une simplification du protocole clinique et d'une réduction du temps opératoire. Seules deux étapes sont nécessaires, le primaire et la résine adhésive étant regroupés au sein d'un seul flacon. Le principe d'adhésion à la dentine reste le même. Le succès de celle-ci repose essentiellement sur la conservation d'une certaine humidité du substrat.

Dans le même temps, une 6^{ème} **génération** est proposée, pour laquelle les étapes mordantage et primer sont réunis en une seule. Ces sont les adhésifs auto-mordançant.

Dans les années 2000, les adhésifs de 7^{ème} **génération** représentent la simplification ultime avec un système « tout en un ». Tous les composants sont regroupés au sein d'un seul flacon ou un seul mélange.

A la suite de cette classification chronologique, plutôt historique, plusieurs grands auteurs comme Van Meerbeek⁽²⁶⁾ (2003) et Degrange⁽²⁶⁾ (2004) ont proposés une classification plus clinique, rationnelle reposant sur les modes d'action des différents adhésifs et le nombre d'étapes dans leur mise en œuvre.

On distingue ainsi deux grandes classes d'adhésifs :

- les M&R (pour mordantage/rinçage), qui sont des systèmes adhésifs qui nécessitent un mordantage préalable à l'acide orthophosphorique ;
- les SAM (pour systèmes auto-mordançant), qui sont des systèmes ne nécessitant aucun traitement des tissus préalable à l'application du système adhésif.

Chacune de ces classes est subdivisée en fonction du nombre d'étapes nécessaire à l'application de l'adhésif :

- 3 ou 2 temps opératoires, qualifiés respectivement de M&R III ou M&R II ;
- 2 ou 1 temps opératoire, qualifiés respectivement de SAM II ou SAM I.⁽²⁶⁾

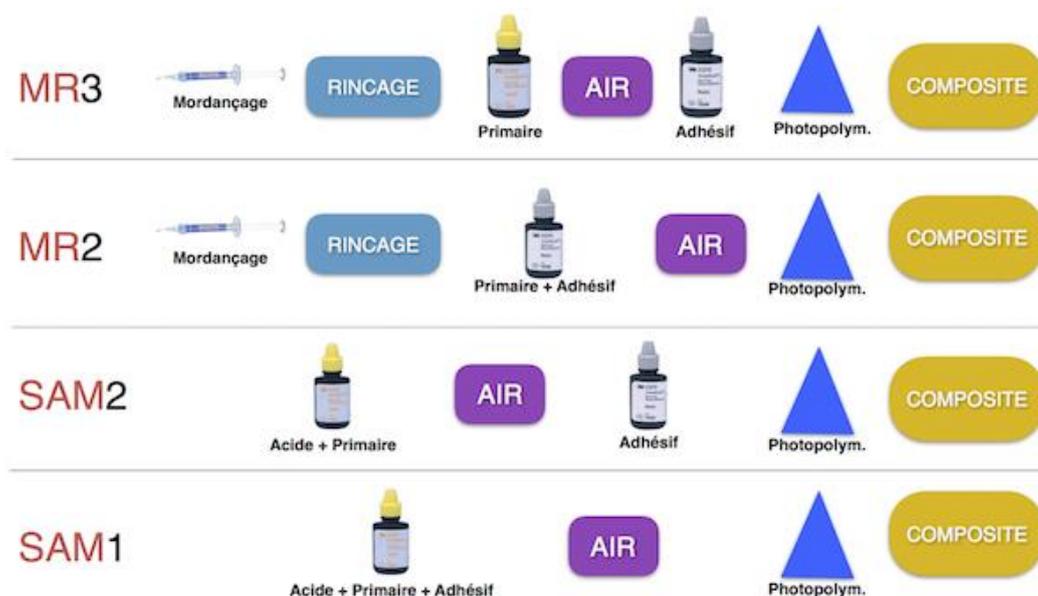


Figure 11 : Classification des systèmes adhésifs⁽⁵⁵⁾.

Dans les années 2010, une 3^{ème} grande classe adhésif (on pourrait parler de **8^{ème} génération**) est apparue avec les systèmes adhésifs dits Universels. Cette catégorie regroupe des produits pouvant être utilisés en mode M&R ou SAM, à la convenance du praticien. Ils permettent une adhésion aux tissus dentaires, mais également à d'autres substrats tels que le métal, la céramique, la zircone et les résines composites.

2.3.2 Composition des systèmes adhésifs

Les systèmes adhésifs sont liquides à température ambiante et constitués de molécules bi-réactionnelles. Elles se lient, par leurs groupements, d'une part aux tissus dentaires et, de l'autre, copolymérisent avec la résine composite.

Le système adhésif se compose :

- de différents monomères en fonction de leur rôle ;
- d'un primer d'adhésion dans les M&R ;
- d'un primer acide dans les SAM ;
- d'un agent de couplage (« bonding »), adhésif à proprement parler ;
- d'adjuvants (solvants amorceurs de photopolymérisation, charges éventuelles, conservateurs, autres).

Deux types de monomères sont employés dans leur composition : les monomères fonctionnels et les monomères de structure.

Les **monomères fonctionnels** hydrophiles, dérivés de molécules de méthacrylates, composent le primaire d'adhésion. On distingue le monomère HEMA qui est le plus employé, son hydrophilie en faisant un excellent promoteur d'adhésion. Mais cette même hydrophilie représente également son principal inconvénient. Elle favorise l'absorption d'eau et un relargage de monomère pouvant favoriser les réactions allergiques.

Les **monomères de structure** permettent la création d'un réseau tridimensionnel responsable des propriétés mécaniques. Ils jouent le rôle d'agent de couplage. Ce sont principalement des molécules dérivées de di méthacrylates comme le Bis-GMA (bisphénol A glycol di méthacrylate), l'UDMA (uréthane di méthacrylate) et le TEGDMA (tri éthylène glycol di méthacrylate).

D'autres éléments entrent dans la composition de ces systèmes adhésifs. Parmi eux, on trouve des amorceurs (qui initient la polymérisation), des solvants et des charges.⁽²⁶⁾

2.3.3 Adhésifs utilisés en orthodontie

Les systèmes adhésifs pour le collage des attaches sur les tissus durs dentaires ou les autres surfaces doivent répondre à des normes élevées en orthodontie. L'adhésif doit résister aux forces du traitement orthodontique ainsi qu'aux mouvements de mastication dans l'environnement humide et chaud de la cavité buccale. De plus, en cas de retrait planifié d'une attache, aucun dommage ne doit être causé aux tissus dentaires durs ou aux matériaux qui recouvrent la dent.⁽³²⁾

Le procédé conventionnel pour coller les attaches à la surface de la dent nécessite trois agents : le conditionneur, l'adhésif et la résine. D'autre part, l'apport des adhésifs auto-mordants, combinant l'acide et l'adhésif a permis de simplifier la procédure d'adhésion.⁽⁵⁷⁾

2.3.3.1 *Technique conventionnelle*

En orthodontie, on utilise classiquement les adhésifs, dits, **universels** lors de la procédure de collage.

Les fabricants de la plupart des adhésifs universels déclarent qu'ils peuvent être utilisés non seulement pour le collage à la dentine et à l'émail, mais aussi sur les substrats tels que la céramique, les métaux et les résines composites. Ces adhésifs ont une partie hydrophobe et une partie hydrophile. Ces derniers sont rendus **hydrophile** par l'apport dans sa composition de monomères hydrophiles. Les **adhésifs hydrophiles** sont donc constitués d'une résine hydrophobe, de monomères hydrophiles qui améliorent le mouillage et l'infiltration de la résine sur une surface humide. Ils se composent également d'un solvant, qui peut être de l'acétone ou de l'alcool, permettant d'évacuer l'humidité de la surface amélaire. Ainsi, les adhésifs hydrophiles sont moins sensibles à l'humidité.

Après préparation et séchage de la surface amélaire jusqu'à l'aspect blanc crayeux, l'adhésif est appliqué sur les surfaces dentaires. Le séchage est ensuite effectué afin d'évaporer le solvant contenu dans l'adhésif. Ces adhésifs sont **photopolymérisables**. Il ne sera pas nécessaire de les photopolymériser quand on utilise un composite photopolymérisable, les deux produits polymériseront ensemble. Si le composite utilisé est chémo-polymérisable, il sera indispensable de photopolymériser l'adhésif avant la mise en place de l'attache enduit de composite.

Parmi les adhésifs mis sur le marché, on distingue ceux qui peuvent être utilisés sur tout type de substrat et ceux spécifiques à un substrat. Il existe un grand nombre d'adhésifs utilisés en orthodontie et nous allons citer les principaux. ^(24,42,48,75,87)



Figure 12 : Exemples d'adhésifs utilisables sur tout substrats.

Parmi les adhésifs spécifiques pour la céramique, on compte le **Monobond Etch and Prime**. Cet adhésif a été conçu pour être utilisé dans les réparations de la céramique mais son usage en orthodontie est tout à fait possible et fiable. ⁽³²⁾



Figure 13 : Exemples d'adhésifs spécifiques sur la céramique applicable en orthodontie.

Récemment, de nouveaux adhésifs sont développés afin de disposer d'une alternative aux résines adhésives classiques. La chimie de polymérisation de la grande majorité des résines est celle d'une résine **méthacrylate**. L'un des problèmes majeurs des résines à base de

méthacrylate est la rétraction de prise relativement élevée pendant la polymérisation. Pour tenter de pallier cela, des résines à base d'**époxy** sont développées.

Parmi ces résines, une nouvelle résine à base d'époxy, le **Filtek Silorane** pourrait être prometteuse dans la pratique de l'orthodontie. Au stade actuel de développement, les siloranes ne constituent pas une alternative aux adhésifs méthacrylates conventionnels, mais on peut imaginer qu'un jour ils le deviennent.⁽¹⁶⁾

2.3.3.2 Alternative : les adhésifs auto-mordant

C'est à la fin des années 2000, que la société 3M a introduit un adhésif auto-mordant, le **Transbond Plus Self-Etching Primer (TPSEP)**.

L'utilisation des adhésifs auto-mordants est à l'heure actuelle une bonne alternative aux colles nécessitant un mordantage classique. En effet, ils auraient selon certains articles une efficacité plus ou moins comparable, mais surtout ils seraient moins préjudiciables pour la surface amélaire. Avec ces adhésifs le collage est simplifié puisque l'étape de mordantage/rinçage est supprimée. Cela permet un gain de temps qui n'est pas négligeable en clinique.^(11,70)

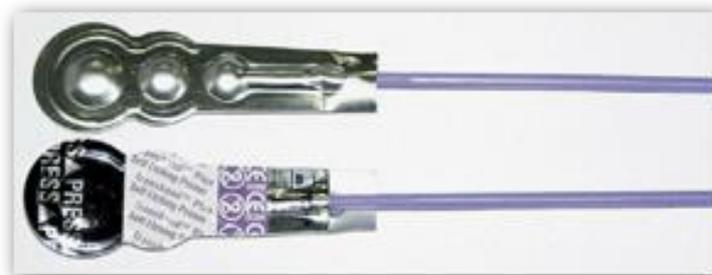


Figure 14 : Transbond Plus Self Etching Primer (3M Unitek)⁽⁸⁶⁾.

Plus récemment l'**Optibond eXTRA Universal** a été mis sur le marché. Il jouit de très bons résultats dans son utilisation en orthodontie. Il se compose d'un primer et d'un adhésif.⁽⁷⁸⁾



Figure 15 : Optibond eXTRA Universal⁽⁶⁴⁾.

2.4 Les colles

2.4.1 La résine composite : définition et composition

Un matériau composite est par définition composé de deux ou de plusieurs matériaux de nature ou d'origine différente dont les caractéristiques mécaniques sont supérieures à celles de chacun des matériaux entrant dans sa composition. La condition fondamentale pour que cette définition soit valide, est que la cohésion de l'ensemble soit assurée par des liaisons mécaniques, physiques ou chimiques.

La résine composite est composée d'une **phase organique** (matrice résineuse) et d'un renfort (**charges**) liés par un **agent de couplage** organo-minéral (silane).⁽⁶⁹⁾

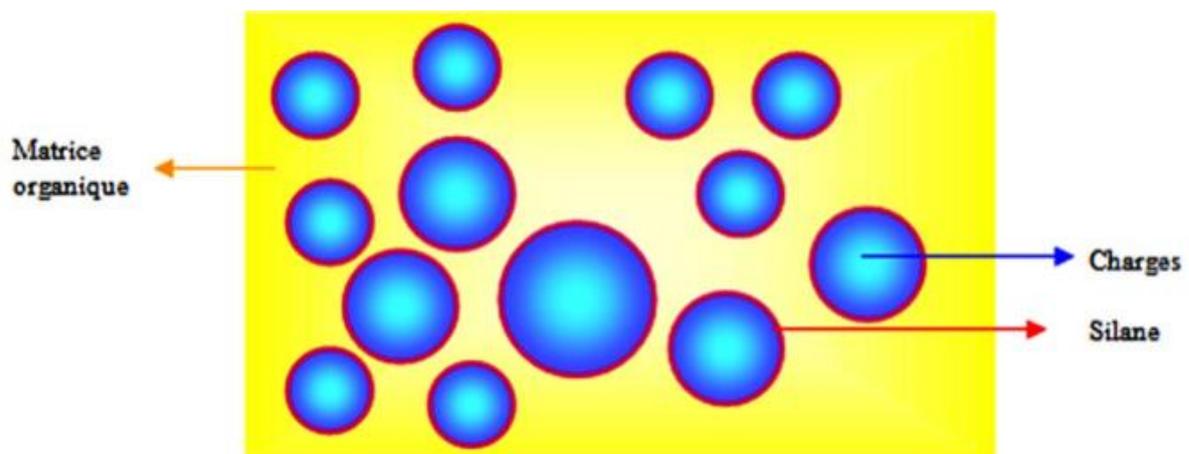


Figure 16 : Représentation schématique d'une résine composite (Raskin A., 2009-2010)⁽⁶⁹⁾.

La matrice organique est la partie active du matériau et c'est en son sein que se passe la réaction de polymérisation. Les charges sont la partie inerte du matériau mais n'en sont pas moins importantes, puisque c'est le renfort qui joue un rôle essentiel dans les propriétés mécaniques du matériau. La cohésion de ces deux entités indépendantes est permise grâce à la silanisation.

Depuis leur apparition dans les années 1960, les résines composites se sont multipliées et sont aujourd'hui les matériaux les plus utilisés en technique directe avec un taux d'échec très faible.

Les résines composites ont également permis de développer une dentisterie peu mutilante grâce à l'adhésion aux tissus dentaires par l'intermédiaire d'un système adhésif.

L'évolution structurale a surtout été marquée par l'augmentation du pourcentage de charges, la modification de leur nature et de leur forme ainsi que par la diminution de leur taille. L'agent de couplage (silane) a également été amélioré. La résine matricielle, centre de la réaction de prise, fait l'objet de nombreuses études afin de minimiser la rétraction de prise qu'elle entraîne et son éventuelle toxicité. Sa consistance a été diversifiée pour obtenir différentes viscosités.

Ces matériaux se sont fortement modifiés depuis plus de cinquante ans. Aujourd'hui, les résines composites sont utilisées dans les zones antérieures comme postérieures pour les restaurations de petites et de moyennes étendues ou encore en orthodontie pour le collage des attaches entre autres.⁽⁶⁹⁾

2.4.1.1 Matrice organique

Cette matrice représente environ 25 à 50% du volume du composite. Elle se compose de la résine elle-même, des abaisseurs de viscosité, du système de polymérisation et divers additifs.

La résine matricielle

C'est le composant chimiquement actif du composite. Il s'agit d'un monomère fluide qui est converti en un polymère rigide par une réaction d'addition. Cette possibilité de passer d'une masse plastique à un solide rigide permet l'utilisation de ce matériau pour la restauration

directe. Généralement, la matrice organique est basée sur la chimie des méthacrylates, plus particulièrement des diméthacrylates permettant la création de réticulation. La polymérisation permet la formation d'un réseau tridimensionnel dans lequel les charges sont dispersées et fixées.

Les deux monomères que l'on retrouve dans la composition des résines composites sont :

- le **Bis-GMA**;
- l'**UDMA** (l'uréthane di méthacrylate).

Les abaisseurs de viscosité ou diluants

Les monomères de Bis-GMA et d'UDMA sont des liquides très visqueux. L'addition d'une grande quantité de charges provoquera la formation d'un matériau possédant une consistance trop épaisse pour l'usage clinique. Pour contrebalancer ce problème, des monomères de faible viscosité, connus sous le nom de contrôleurs de viscosité ou de diluants, sont ajoutés. Il s'agit essentiellement de : méthacrylate de méthyle ou MMA, éthylène glycol di méthacrylate ou EGDMA, diéthylène glycol di méthacrylate ou DEGMA, triéthylène glycol di méthacrylate ou TEGDMA.

Inhibiteurs de prise ou additifs

Les matériaux composites doivent pouvoir être stockés sans qu'il y ait de polymérisation spontanée. Les inhibiteurs se caractérisent par une forte réactivité avec les radicaux libres. Les principaux inhibiteurs de prise sont les dérivés du phénol et l'oxygène.

Le système de polymérisation

La polymérisation de la matrice résineuse permet au composite sous forme pâteuse de se transformer en matériau solide. Pour rappel, une **polymérisation** est une réaction dans laquelle des unités de monomères se soudent les unes aux autres (par des liaisons chimiques) pour donner une molécule de haut poids moléculaire appelée polymère. Ce procédé peut se faire de différentes manières mais la plupart des polymérisations se font selon deux principes :

la polymérisation par addition et la polymérisation par condensation. La polymérisation du monomère ou de l'oligomère implique la libération de radicaux libres qui sont formés par transformation de l'initiateur ou amorceur par des activateurs ou catalyseurs. Les radicaux libres provoquent l'ouverture de la double liaison vinylique et la formation et l'allongement du polymère.

Les premiers composites mis sur le marché (**chémo ou autopolymérisables**) étaient obtenus en mélangeant deux pâtes contenant les composants nécessaires à l'induction de la polymérisation : une pâte contenait un activateur, tandis que l'autre pâte contenait un initiateur.

Puis il a été introduit sur le marché des composites activés directement à la lumière ultraviolette (UV) (**photopolymérisables**). L'intérêt d'avoir une seule pâte, de couleur déterminée, polymérisant à la demande en un temps court, a été rapidement apprécié par les praticiens. Ceci a ouvert la voie à l'introduction des composites activés par la lumière visible, permettant de supprimer de nombreux désavantages de la polymérisation par lumière UV.

Enfin, il a été mis au point des composites dits **dual**, à polymérisation mixte, à la fois auto et photopolymérisables. Ceci a permis de tirer parti des avantages des deux mécanismes de prise.

2.4.1.2 La phase inorganique

La phase inorganique est constituée par des charges qui permettent de renforcer le matériau. Ces charges sont liées à la matrice par l'intermédiaire d'un silane et permettent notamment d'augmenter les propriétés mécaniques (résistance à la compression flexion, traction) des composites. Elles donnent également au matériau sa radio-opacité.

Les composites actuels contiennent une grande diversité de particules de charge variant par la taille, la composition et le pourcentage de celles-ci. Les charges, la plupart du temps sont **minérales**, varient d'un composite à l'autre et sont composées de silice (SiO₂) sous différentes formes et d'autres types de particules.

Les charges peuvent également être **organiques**. Elles se composent de macro-monomères avec un noyau en silice inorganique greffé de groupements multifonctionnels de méthacrylate.

Les charges organo-minérales possèdent un noyau minéral (silice vitreuse ou aérosol) et une matrice résineuse polymérisée qui enrobe le noyau.

2.4.1.3 *Le silane*

Un agent de couplage organo-minéral est une molécule bifonctionnelle qui réalise la cohésion entre les charges et la phase organique. Cette molécule est généralement un silane. S'il n'y a pas de liaison entre la matrice et les charges, les charges deviennent des concentrateurs de contraintes et il ne peut y avoir de transfert des contraintes dans le matériau. Les deux organosilanes les plus fréquemment utilisés sont l'APM (γ acryloxypropyltriméthoxysilane) et le MPMA (γ -méthacryloxypropyltriméthoxysilane).⁽⁹²⁾

Parmi les colles ou composites sur le marché, on distingue : les colles sans potentiel adhésif, les colles avec potentiel adhésif et les colles autoadhésives.

2.4.2 Les colles ou composites sans potentiel adhésif

La plupart des colles ne possèdent pas de pouvoir adhésif. Il s'agit d'un composite fluide ou composite de collage classique. Il faut donc réaliser des traitements de surface au préalable avant de pouvoir les utiliser (systèmes adhésifs M&R ou SAM).⁽²⁸⁾

2.4.3 Les colles avec potentiel adhésif

Certaines colles possèdent un pouvoir adhésif, mais elles nécessitent un traitement de surface, ce qui ne les différencie que très peu des colles précédemment décrites, si ce n'est une adaptabilité plus faible en termes d'esthétique.

Ces résines possèdent des monomères fonctionnels adhésifs : le monomère 4-META et le monomère MDP.

Le monomère **4-META** (4-méthacryloyloxyéthyl trimellitate anhydride) joue le rôle de promoteur d'adhésion. Un conditionnement de surface est nécessaire à l'acide phosphorique au préalable. Ce produit reste une référence dans le collage du métal aux tissus dentaires (bridge collés...). Une particularité des résines 4-META est de conserver une certaine plasticité après polymérisation, et ainsi d'absorber en partie les contraintes mécaniques et donc de

limiter les risques de décollement. Ce monomère est retrouvé notamment dans le Super-Bond.

Le monomère **MDP** (méthyle diphosphate) possède des groupes phosphates capables de déminéraliser l'émail et la dentine. Les groupes phosphates permettent également la diffusion des monomères dans la dentine déminéralisée. Ce produit est particulièrement performant dans le collage de la zircone et des alliages métalliques. Le Panavia (Kuraray Noritake Dental Inc., Japon) est le nom commercial de cette résine « MDP ». La réaction de prise de ces résines se fait par chémo-polymérisation.

2.4.4 Composites ou colles auto-adhésives

Chimiquement, ces **colles autoadhésives** contiennent les éléments d'une colle classique, auxquels ont été ajoutés certains composants fonctionnels des adhésifs auto-mordant. Ces résines sont toutes basées sur l'utilisation de groupement fonctionnels phosphate tels que le MDP, le GPDM ou le PENTA. Ces monomères donnent un pH acide qui initie la réaction et permet l'adhésion avec les tissus dentaires sans traitement de surface préalable. Ces résines possèdent, pour la plupart, une réaction de prise duale (chémo et photopolymérisable). Elles peuvent être indiquées pour l'assemblage de restaurations indirectes en céramique ou encore pour des tenons fibrés. Si ces produits semblent séduisants, leurs valeurs d'adhésion restent toutefois bien inférieures aux composites de collage avec systèmes adhésifs séparés.⁽²⁸⁾

2.4.5 Les colles utilisées en orthodontie

2.4.5.1 *Les colles à polymérisation chimique*

Sur le marché, on trouve des systèmes pâtes-pâtes ou pâtes-activateur.

Le **système pâte-pâte** se présente en réalité sous forme de 2 liquides et 2 pâtes.⁽²⁾



Figure 17 : Concise Orthodontic Adhesive (3M Unitek)⁽²⁾.

Dans ce cas de figure, le protocole consiste à :

- Après préparation et séchage de la surface dentaire, le mélange des 2 liquides (base + activateur) est appliqué sur celle-ci ;
- Application du mélange pâte-pâte (base + activateur) sur la base de l'attache ;
- Mise en place de l'attache, élimination des excès avant la prise et attente de la prise complète de la colle.⁽²⁾

Le **système pâte-activateur** ou catalyseur, contient un liquide et une pâte. Le liquide contient l'adhésif plus l'activateur de la polymérisation du composite (la pâte). La pâte contient elle, l'activateur de la polymérisation du liquide.

On retrouve sur le marché **Rely-A-Bond (Reliance)** et **Alpha-Dent One-Step Ortho Adhesive**.^(15,71)



Figure 18 : Rely-A-Bond (Reliance)⁽⁷¹⁾.

Ici, une fois la préparation de surface faite, l'adhésif est appliqué sur les surfaces dentaires et sur la base des attaches. La mise en place du liquide activateur est nécessaire sur les deux surfaces car la prise se fait grâce à la diffusion de l'activateur du liquide vers la pâte et de la pâte vers le liquide. Puis la pâte est appliquée sur la base de l'attache et mise en place sur la dent. Les excès sont éliminés avant la prise totale de la colle qui prend à peu près 5 min. Ce système présente l'avantage par rapport au système précédant de ne pas nécessiter de mélange.^(5,71)

2.4.5.2 Les colles à polymérisation photochimique ou photopolymérisation

Les colles **photopolymérisables** sont les colles les plus utilisées en orthodontie. Le protocole clinique consiste à :

- Après préparation et séchage du substrat, on applique un adhésif sur les surfaces dentaires ;
- Puis la colle composite est appliquée sur la base de l'attache ;
- Mise en place de l'attache ;
- Élimination des excès ;
- Photopolymérisation.

Les produits sont « monocomposants », sans mélange à réaliser, donc il n'y a pas d'incorporation de porosités et leur manipulation est simple. De plus, le temps de travail disponible est long.

Il existe une multitude de colles orthodontiques photopolymérisables sur le marché.^(21,22,74)

Colles composites photopolymérisables	
Produits commercialisés	Description
Transbond XT (3M Unitek)	<ul style="list-style-type: none"> - Résine composite conventionnelle à base de Bis-GMA - Matériau de choix en adhésion orthodontique⁽⁷⁴⁾
GoTo (Reliance)	<ul style="list-style-type: none"> - Adhésion forte et immédiate - Libération de fluor - Finition translucide⁽⁴³⁾
Light Bond (Reliance)	<ul style="list-style-type: none"> - Adhésion immédiate - Pour toutes sortes d'attaches et contentions - Libération de fluor⁽⁵⁶⁾
Pad Lock (Reliance)	<ul style="list-style-type: none"> - Pour toutes sortes d'attaches et contentions - Contient un additif spécial pour une adhérence chimique supplémentaire sur les bases métalliques - Fluorescent sous lampe UV pour éliminer facilement les excès et nettoyer les résidus lors du descellement - Libère du fluor⁽⁶⁶⁾
Alpha-Dent Light Cure Ortho Adhesive	<ul style="list-style-type: none"> - Pour tous les types d'attaches - Consistance idéale ; pas de glissement des brackets - Correction du positionnement des brackets possible⁽⁷⁾
Ormco Greengloo Adhesive	<ul style="list-style-type: none"> - Spécifique pour les attaches acier et titane - Couleur verte qui facilite l'élimination des excès - Lorsque la colle atteint la température corporelle, elle devient transparente - Élimination facile⁽⁶⁵⁾ - Adéquate pour le collage indirect⁽¹⁹⁾
Ormco Blugloo Adhesive	<ul style="list-style-type: none"> - Bleu à température ambiante, il devient transparent à partir de 33°C - Conçu pour les attaches esthétiques⁽¹⁹⁾
Orthofix	<ul style="list-style-type: none"> - Nouveau matériau introduit exclusivement à des fins de collage orthodontique - Contient une matrice de Bis-GMA/TEGDMA avec des charges de verre de baryum et de silice fumée⁽⁷⁴⁾

2.4.5.3 Les composites auto-adhésifs en orthodontie

Les matériaux **auto-adhésifs** peuvent réduire le nombre d'aérosols, car le praticien saute le processus de mordantage et de rinçage.

Le diméthacrylate de glycérol-phosphate est un monomère fonctionnel présent dans les composites auto-adhésifs. Il permet une attaque de l'émail et se lie au calcium présent dans la structure dentaire.

Selon les fabricants, ces colles ne nécessitent ni adhésif ni etching pour coller aux tissus dentaires.

Le mécanisme d'adhésion des colles orthodontiques est fondé sur un principe purement micromécanique alors que celui des CVIMAR est fondé sur un principe chimique. En l'absence de mordantage, le mécanisme d'adhésion des colles auto-adhésives associe les deux principes : micromécanique et chimique.^(17,76)



Figure 19 : Vertise Flow (Dental Kerr)⁽⁹⁰⁾.

Le **Vertise Flow (Dental Kerr)** est un composite polyvalent auto-adhésif fluide présent sur le marché. Il possède une force de liaison suffisamment élevée et un joint marginal approprié, applicable à diverses procédures dentaires.

Le protocole avec ces colles est simplifié :

- Nettoyage de la surface dentaire ;
- Séchage ;
- Mise en place de la colle sur la base de l'attache ;
- Positionnement de l'attache ;
- Photopolymérisation.^(17,76)

Récemment, une nouvelle génération de colles composites orthodontiques **auto-adhésives monocomposantes** a été mise sur le marché. Ces colles ne nécessitent pas d'adhésif puisqu'il est contenu directement dans la colle. Cependant, il faut au préalable réaliser le mordantage à l'acide.^(38,59)



Figure 20 : Megaset Orthodontic LC (Prime Dental)⁽⁵⁹⁾.

On retrouve le composite **GC Ortho Connect**, **Megaset Orthodontic LC (Prime Dental)**, ou **Heliosit Orthodontic (Ivoclar Vivadent)**.

Le protocole pour ces composites est identique que précédemment mais en rajoutant l'étape de mordantage à l'acide en amont.

Les colles auto-adhésives sont une solution intéressante au vu de leurs avantages. Cependant, en raison de la viscosité trop faible, il est indispensable de photopolymériser après chaque mise en place d'une attache. Le temps d'exécution du collage d'une ou deux arcades peut alors prendre un temps relativement important.^(17,38,46,59,76)

2.4.5.4 Les colles spécifiques pour le collage indirect

La technique de **collage indirect** a été développée par Silverman⁽⁹³⁾ en 1972.

Le **collage direct** consiste à positionner les attaches orthodontiques une à une, sans l'utilisation de guide de transfert.

La technique de **collage indirect** est une technique dans laquelle la position des attaches est planifiée par un ordinateur. Ce dernier assure un positionnement plus précis et par conséquent un déplacement dentaire plus efficace. De plus, l'ordinateur peut simuler le processus et les effets du traitement orthodontique, aidant les praticiens à comprendre la faisabilité des plans orthodontiques.^(47,93)

Pour l'adhésif, nous pouvons utiliser un protocole de mordantage associé à un adhésif hydrophile, ou un adhésif auto-mordant. Concernant la colle, nous pouvons utiliser soit un composite de collage fluide soit un CVIMAR.

On retrouve cependant sur le marché, des colles dédiées spécifiquement au collage indirect. Il en existe une multitude, nous allons en nommer plusieurs.

Chez 3M Unitek, on retrouve :

- **3M Sondhi Indirect Bonding ;**
- **3M Transbond IDB Pre-Mix ;**
- **3M Transbond Supreme LV.**

On retrouve chez Reliance Orthodontic :

- **Flow Tain**, qui est un composite de collage fluide utilisé aussi pour les contentions linguales ou les attaches sur les gouttières d'alignement ;
- Ou encore **Therma-Cure**.⁽²⁰⁾

2.4.5.5 *L'apport des nanoparticules dans les colles orthodontiques*

Les **white spots** et les caries existantes autour et sous les attaches sont connues pour être un problème majeur.

Pour surmonter cet obstacle, les patients doivent utiliser des produits contenant du fluor, de la chlorhexidine ou des phosphopeptides de caséine-phosphate de calcium amorphe (CPP-ACP). Néanmoins, les chercheurs ont tenté de se concentrer sur des stratégies préventives qui seraient indépendantes de la coopération du patient :

- le revêtement des attaches avec des nanoparticules antimicrobiennes ;
- l'ajout d'agents antimicrobiens ou reminéralisants aux composites orthodontiques lors de la procédure de collage.

Les chercheurs ont testé l'ajout de différentes nanoparticules, telles que l'argent (Ag), le cuivre (CuO), l'oxyde de zinc (ZnO), ou encore la cannelle ou l'oxyde de magnésium (MgO) dans la résine des composites orthodontiques.

Les **nanoparticules d'oxyde de magnésium** (MgO) ont suscité l'intérêt de nombreuses personnes dans la science des biomatériaux en raison de leur production économique et de leur activité antimicrobienne contre divers types de bactéries, spores et virus Gram-positifs et Gram-négatifs. En outre, le MgO est utilisé pour soulager les brûlures d'estomac, les maux d'estomac, la régénération osseuse et l'inhibition des tumeurs, ainsi que pour le traitement du cancer. Cependant, il convient d'évaluer si la modification appliquée aux biomatériaux orthodontiques avec des agents antimicrobiens entraînerait des effets négatifs significatifs sur leurs propriétés mécaniques.

D'après une étude, les auteurs ont évalué les effets de l'incorporation de nanoparticules (NP) d'oxyde de magnésium (MgO) sur la résistance au cisaillement et la propriété antibactérienne des composites orthodontiques.

Il semble que les NP MgO induisent une activité antibactérienne dans les composites orthodontiques. Sur la base de leurs résultats actuels, une concentration de 1 % est la concentration minimale de NP MgO qui a une efficacité antibactérienne optimale et qui ne cause aucun impact sur les propriétés mécaniques du composite.

Cependant, il est nécessaire de mener des essais cliniques à long terme pour évaluer la performance de l'ajout de NPs MgO pour améliorer l'activité anti-carie du composite orthodontique.⁽⁶⁸⁾

2.4.5.6 L'apport des fibres de verre greffées en nano-hydroxyapatite (nHA) dans les colles orthodontiques.

L'hydroxyapatite particulaire (HA) est connue pour sa biocompatibilité et est largement utilisée comme matériau biomimétique en raison de sa similitude structurale avec l'émail. Diverses études ont prouvé l'efficacité des particules HA dans l'amélioration de la maladie parodontale et dans la prévention des lésions carieuses. Récemment, des fibres de verre E greffées nano-HA ont été incorporées dans des résines dentaires et ont montré : des propriétés mécaniques améliorées, une bioactivité in vitro, une bio-adhésion à la structure dentaire et une compatibilité cellulaire. Une étude toute récente a évalué la structure, l'analyse morphologique, et la résistance/module de flexion des résines renforcées en fibre de verre greffées en nano-HA. Ces dispositifs expérimentaux ont montré des résultats prometteurs pour une utilisation en orthodontie.⁽⁵⁰⁾

2.5 Les ciments

Les ciments verre ionomère (CVI) sont des matériaux de restauration coronaire introduits par Wilson et Kent au début des années 1970.⁽²⁸⁾ Ils sont largement utilisés en dentisterie comme pour les restaurations coronaires, en agents de scellement, scellant de fissures, ou en adhésifs pour attaches orthodontiques.⁽⁶³⁾

Ils possèdent une capacité propre d'adhésion intrinsèque aux tissus dentaires par deux processus :

- inter diffusion dans le réseau de collagène ;
- liaison ionique entre les groupes carboxyles et le calcium de l'hydroxyapatite.

En plus de cette propriété d'auto-adhésion, les CVI possèdent la capacité de relarguer des ions fluorures, notamment en milieu acide. Cela leur confère un pouvoir cariostatique particulièrement intéressant dans le traitement des patients à risque carieux élevé en pédodontie. Ce relargage diminue avec le temps, mais les CVI possèdent la capacité de se recharger en fluor au contact de solutions fluorées (verniss, gels, dentifrices...).

2.5.1 Classification des CVI

Les CVI traditionnels furent les premiers sur le marché mais leurs faibles propriétés mécaniques et cohésives leur ont donné l'image d'un matériau peu fiable et à destination transitoire.

A la fin des années 1980, la mise au point des ciments verre ionomère modifiés par adjonction de résine (CVIMAR) a permis d'augmenter leurs propriétés mécaniques et d'étendre leurs indications. Amorcées au cours des années 1990, des modifications dans le ratio poudre/liquide et dans la taille des particules ont permis la mise au point de CVI à haute viscosité. Ils sont cliniquement intéressants pour leur mise en œuvre condensable. C'est dans ce but qu'ils ont été développés initialement pour les techniques ART (Atraumatic Restorative Treatment), permettant une application digitale. Encore améliorés récemment, ces derniers gagnent en résistance mécanique par rapport aux CVIMAR et leur champ d'application s'étend.

2.5.2 Composition des CVI

La réaction de prise des CVI repose sur une **réaction acide-base** entre un verre (sous forme d'une fine poudre) et un acide (sous forme de liquide). Ces verres sont de type fluoro-alumino-silicate formés à partir de silice, alumine et fluorure de calcium. Le liquide était originellement

une solution aqueuse composée à 50% d'acides polyacryliques. Pour une meilleure gélification, cette solution a évolué vers un mélange d'acide acrylique, itaconique et/ou maléique. Le conditionnement peut se faire selon un mélange poudre/liquide ou par utilisation de capsule prédosées. La réaction de prise initiale se fait en plusieurs étapes. Elle débute par la dissociation des acides par l'eau, libérant des ions H⁺ qui vont attaquer les particules de verre. Puis la formation d'un gel de silice va se faire, entraînant la libération d'ions métalliques qui vont réagir avec les fonctions carboxyles donnant les polyacrylates de calcium (responsables de la prise initiale et majoritaire dans un premier temps) et d'aluminium (responsables du durcissement mais à formation lente allant jusqu'à 24 heures).

La réaction de prise des CVIMAR, quant à elle, est double. Elle débute, après un malaxage, par une réaction acide-base entre le verre et l'acide, comme pour un CVI conventionnel. Elle est suivie d'une réaction de polymérisation aboutissant à une matrice polymère. Cette matrice résineuse renforce et protège la matrice de polyacrylates.

2.5.3 Mécanismes d'adhésion des CVI

A la différence des systèmes adhésifs, l'adhésion intrinsèque des CVI aux tissus dentaires est principalement de nature chimique. Des liaisons ioniques et hydrogènes sont mises en jeu.

Un prétraitement optionnel du substrat à l'acide polyacrylique améliore fortement l'adhésion micromécanique des CVI en favorisant :

- l'**élimination** des résidus de fraisage en retirant la boue dentinaire et en favorisant le contact CVI/dent ;
- l'**hybridation** par l'augmentation de la déminéralisation ;
- l'**augmentation** de la mouillabilité ;
- l'**interaction** de l'acide polyacrylique contenu dans les CVI avec l'hydroxyapatite.

Les CVI présentent tout de même des performances adhésives inférieures à celles des résines composites. ⁽²⁸⁾

2.5.4 Les CVI utilisés en orthodontie

Les ciments verre ionomère (CVI) sont couramment utilisés pour le collage en orthodontie. Ces ciments sont biocompatibles avec l'émail et la dentine et ont des effets cariostatiques. Les

ions fluorures de leur composition initient la reminéralisation. Ces ciments sont biocompatibles et libèrent du fluor.

Les CVI modifiés par adjonction de résine (CVIMAR) ont ensuite été introduits pour améliorer la force de liaison. Les CVIMAR sont composés de composants de CVI (verre fluor aluminosilicate et acide polyacrylique) et de résines composites (initiateurs photo ou chimiques et monomères méthacrylates). En raison de la présence de composant de résine, ces ciments ont une force de liaison plus élevée à la surface de l'émail. Les CVIMAR auraient une libération plus élevée d'ions fluorure que les CVI conventionnels.^(29,51,77)

2.5.4.1 Protocole clinique

Le protocole d'utilisation du CVIMAR consiste à :

- conditionner la dent par un mordantage de la surface amélaire à l'acide polyacrylique à 10% pendant 10 secondes ;
- rincer et sécher la dent ;
- enduire la base de l'attache orthodontique de CVIMAR ;
- positionner l'attache sur la dent ;
- polymériser ;
- éliminer les excès.

Par ailleurs, on peut aussi utiliser un CVIMAR en association avec un adhésif auto-mordant (SAM). L'association des deux permet une augmentation de la tenue de l'assemblage par rapport à l'utilisation d'un verre ionomère précédé d'un traitement à l'acide polyacrylique. Elle donne des valeurs d'adhérence similaires à celles obtenues lors de l'utilisation d'un adhésif automordant en association à un composite de collage.

Dans ce cas, le protocole diffère :

- après nettoyage de la dent on applique l'adhésif ;
- pas de rinçage ;
- séchage léger pour évaporer le solvant ;
- mise en place de l'attache orthodontique enduit de CVIMAR ;
- polymérisation ;
- élimination des excès.

2.5.4.2 Les CVI en prévention des white spots

On appelle « **white spots** », les lésions opaques blanches qui surviennent autour des attaches orthodontiques et qui correspondent à des zones de déminéralisation de l'émail. Le développement de ces lésions au cours d'un traitement orthodontique est un facteur de risque courant. La fixation des appareils orthodontiques avec des CVI pourrait réduire la prévalence des white spots en raison de leurs capacités de libération de fluorure. Les bagues, les attaches et les arcs augmentent la rétention de la plaque, bloquent l'accès aux zones de rétention de la plaque et compliquent un nettoyage adéquat. Une hygiène stricte est nécessaire lors d'un traitement orthodontique afin d'éviter l'apparition de white spots ou de lésions carieuses.^(13,60,79)

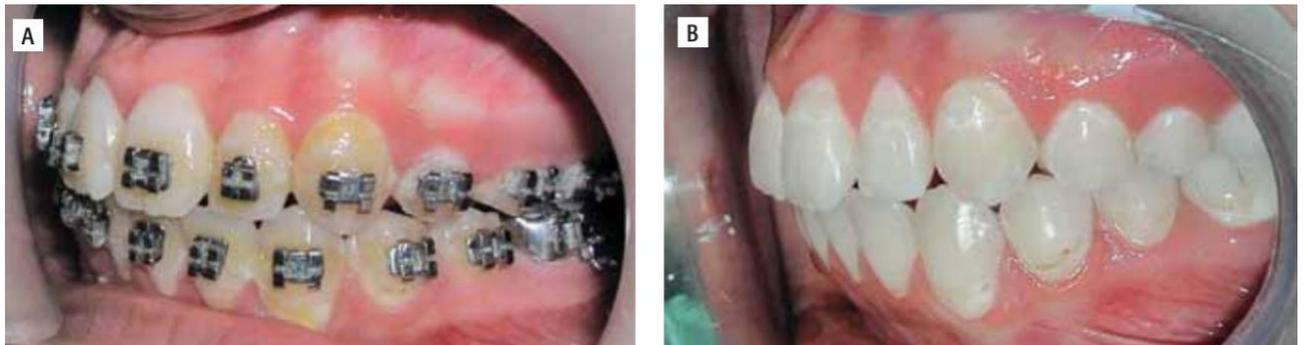


Figure 21 : Accumulation sévère de plaque (A) chez un patient non-coopérant entraînant l'apparition de white spots sur la plupart des faces vestibulaires (B) ⁽¹³⁾.

Les ciments verre ionomère sont largement utilisés pour le scellement des bagues orthodontiques et notamment pour la pose des appareils d'interception. Ils pourraient être une aide à la prévention des lésions white spot lors du collage des attaches.

Pour pallier ce phénomène de white spots et de lésions carieuses faisant suite à un traitement orthodontique, des études ont été réalisées afin de « renforcer » les CVIMAR.

Dans une **première étude**, les auteurs ont décidé d'utiliser un CVIMAR commercial et de le modifier en ajoutant des particules de nano-argent (NAg), de N-acétylcystéine (NAC) et de 2-méthacryloyloxyéthyl phosphorylcholine (MPC). Ce nouveau ciment formé aurait une forte

capacité antibactérienne, une capacité de répulsion des protéines et une biocompatibilité acceptable. Par conséquent, les auteurs affirment que l'utilisation combinée de NAg, NAC et MPC est prometteuse pour protéger l'émail de la déminéralisation pendant le traitement orthodontique et pourrait fournir une nouvelle stratégie pour lutter contre les caries dans d'autres applications dentaires.

Dans une **deuxième étude**, les auteurs ont décidé d'incorporer du digluconate de chlorhexidine (CHX) directement dans le CVI lors du scellement des bagues orthodontiques. Le CHX est un antiseptique cationique, généralement utilisé pour les bains de bouche à la concentration de 0,12 %. Ici les auteurs ont utilisé du CHX à 0,18%. Les ciments ont été manipulés conformément aux instructions du fabricant, il a été incorporé la solution de CHX à 0,18% et le tout a été spatulé jusqu'à l'obtention d'un matériau solide.

D'après les auteurs, l'incorporation de 0,18% CHX dans le ciment a permis sur une période de 6 mois :

- Action **antibactérienne** efficace démontrée ;
- Une bonne **adhérence** du ciment à l'émail ;
- Un **taux élevé de survie** des bagues collées ;
- De ne pas changer la couleur de l'émail des dents ;
- **De maintenir le pH** salivaire à des niveaux physiologiques.

Ces études sont prometteuses et ont pour but de développer de nouveaux matériaux encore plus efficaces pour lutter contre les white spots et lésions carieuses au cours des traitements orthodontiques.^(12,18,77)

2.5.4.3 Exemples de produits commercialisés

Il existe une multitude de CVI commercialisés. Nous allons en citer quelques-uns et différencier les ciments photopolymérisables de ceux à durcissement chimique.

Exemples de ciments à durcissement chimique	
Produits commercialisés	Description
GC Fuji ORTHO	<ul style="list-style-type: none"> - CVIMAR chémozopolymérisable (pour appareils, attaches en métal ou en céramique, bagues) - Adapté à la technique indirecte - Excellente adhésion même en milieu humide - Application simple - Retrait simple des appareils orthodontiques, sans fracture de l'émail. - Libération du fluor sur le long terme - Sans décoloration⁽³⁵⁾
GLASS LOK (Reliance)	<ul style="list-style-type: none"> - Adhère sur tout type de bague - Libère du fluor - Protège l'émail⁽⁴¹⁾
3M Multi-Cure	<ul style="list-style-type: none"> - Ciment verre ionomère, - Polymérisation chimique ou photopolymérisation possible - Existe en couleur bleue pour retirer simplement les excès - Libération durable de fluor⁽¹⁾
3M Ketac Cem	<ul style="list-style-type: none"> - Ciment verre ionomère pour scellement des bagues - Radio-opaque - Libère du fluor⁽³⁾
Aqua Cem	<ul style="list-style-type: none"> - Ciment verre ionomère chémozopolymérisable - Miscible à l'eau - Pour le scellement des couronnes, des bridges, des inlays et des bagues orthodontiques⁽¹⁰⁾
Fuji ORTHO, Band Paste Pak	<ul style="list-style-type: none"> - CVIMAR - Système pratique de cartouches, refermable - Libération durable de fluor ⁽³³⁾

Exemples de ciments photopolymérisables	
<i>Produits commercialisés</i>	<i>Description</i>
Fuji ORTHO LC	<ul style="list-style-type: none"> - CVIMAR - Libère du fluor - Application rapide et facile - Application même sur dent humide - Pas besoin de sécher la dent au préalable⁽³⁶⁾
Ultra Band-Lok	<ul style="list-style-type: none"> - Ciment pour bagues orthodontiques - Sans mélange préalable - Libération durable de fluor - Couleur bleu en option pour simplifier le retrait⁽⁸⁸⁾
Alpha-Dent	<ul style="list-style-type: none"> - Ciments pour bagues orthodontiques - Sans mélange - Libération durable du fluor - Couleur bleue pour élimination facile des résidus⁽⁶⁾
Fuji ORTHO Band Paste Pak SL (GC)	<ul style="list-style-type: none"> - CVIMAR pour scellement de bagues - Couleur bleue - Système pratique de cartouches, refermable - Libération durable de fluor⁽³⁴⁾

2.6 Tableau récapitulatif des matériaux d'assemblage et protocoles

Système de collage		Protocole
Adhésifs	<u>Adhésif universel</u>	<ul style="list-style-type: none"> - Préparation de surface - Mordançage à l'acide - Application de l'adhésif sur la surface dentaire - Séchage (pour évaporer le solvant) - Photopolymérisation seul si application par la suite d'une colle chémopolymérisable <p>ou</p> <ul style="list-style-type: none"> - Application de la colle sur la base de l'attache, positionnement de l'attache et polymérisation de l'ensemble
	<u>Adhésif auto-mordançant</u>	<ul style="list-style-type: none"> - Nettoyage/Préparation de surface - Application de l'adhésif - Attendre 15 secondes - Pas de rinçage - Séchage pour évaporer le solvant - Mettre en place l'attache avec la colle - Polymérisation
Colles composite	<u>Système pâte-pâte chémopolymérisable</u>	<ul style="list-style-type: none"> - Préparation et séchage de la surface amélaire jusqu'à l'obtention de l'aspect blanc crayeux - Application du liquide sur le substrat (base et catalyseur) - Application de la pâte (base et catalyseur) sur la base de l'attache - Mise en place de l'attache - Attente de la prise complète de la colle
	<u>Colle de « contact »</u>	<ul style="list-style-type: none"> - Préparation du substrat et séchage - Application de l'adhésif sur le substrat et sur la base du bracket - Application de la pâte sur la base de l'attache - Mise en place de l'attache - Attente de la prise complète du matériau
	<u>Colle photopolymérisable</u>	<ul style="list-style-type: none"> - Préparation et séchage du substrat - Application de l'adhésif sur le substrat - Application de la colle sur la base de l'attache - Mise en place de l'attache et élimination des excès - Photopolymérisation

	Système de collage	Protocole
	<u>Colle auto-adhésive</u>	<ul style="list-style-type: none"> - Traitement de surface du substrat - Séchage - Application de la colle sur la base de l'attache - Mise en place de l'attache - Élimination des excès - Photopolymérisation
CVIMAR	<u>CVIMAR + acide polyacrylique</u>	<ul style="list-style-type: none"> - Préparation de la surface du substrat - Rinçage et séchage - Application du CVIMAR sur la base de l'attache et mise en place de l'attache - Photopolymérisation - Élimination des excès
	<u>CVIMAR + SAM</u>	<ul style="list-style-type: none"> - Nettoyage de la dent - Application de l'adhésif sur le substrat - Laisser agir 15 secondes, sans rinçage - Sécher légèrement pour évaporer le solvant - Application du CVIMAR sur la base de l'attache et mise en place sur la dent - Photopolymérisation - Élimination des excès

3 CAS CLINIQUES : EXEMPLES DE COLLAGES ORTHODONTIQUES

3.1 Collage direct avec une colle photopolymérisable

3.1.1 Rappels

Pour rappel, le **collage direct** consiste à positionner les attaches orthodontiques une à une directement sur les dents du patient, sans l'utilisation de guide de transfert.⁽⁴⁾

3.1.2 Cas clinique

Collection personnelle du Dr G. Dubois⁽⁴⁴⁾

Dans un premier temps, la préparation de surface du substrat est réalisée : la surface amélaire est polie (figure 23) puis un mordançage à l'acide orthophosphorique est réalisé (figure 24), suivi d'un rinçage et séchage jusqu'à obtention de l'aspect blanc crayeux (figure 25).

L'adhésif est ensuite appliqué sur la surface amélaire (figure 26), puis la colle est appliquée sur la base de l'attache orthodontique (figure 27). Celle-ci est positionnée sur la dent en fonction de l'anatomie radulaire et coronaire. Les excès de colle sont éliminés puis la photopolymérisation est réalisée (figures 28,29 et 30).



*Figure 22 : Conditionnement Transbond XT 3M :
l'acide de mordançage, l'adhésif et la colle composite fluide.*



Figure 23 : Polissage à l'aide d'une pâte prophylactique zircate.

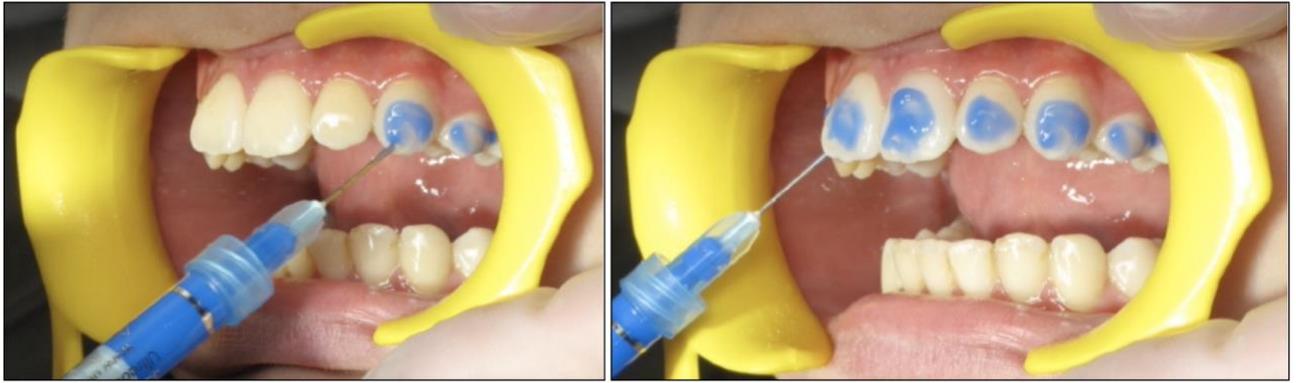


Figure 24 : Mordançage à l'acide.



Figure 25 : Rinçage et séchage.



Figure 26 : Application de l'adhésif.



Figure 27 : Application de la colle sur la base de l'attache.



Figure 28 : Mise en place de l'attache et élimination des excès.



Figure 29 : Photopolymérisation.



Figure 30 : Vue clinique après positionnement des attaches et mise en place de l'arc.

3.2 Collage indirect à l'aide d'une colle et d'un CVIMAR photopolymérisables

3.2.1 Rappels

Le **collage indirect** implique une étape de laboratoire en plus de l'étape clinique. Le principe consiste à prédéterminer le positionnement des attaches en dehors de la bouche du patient. Le positionnement des attaches se réalise sur des maîtres-modèles en plâtre ou plus récemment en silicone.

Cette méthode de collage nécessite plusieurs étapes de mise en œuvre : la **réalisation du modèle de travail**, puis la **conception et le positionnement du dispositif sur le modèle de travail**, la **confection du guide de transfert** et le **collage en bouche** à l'aide de ce guide. C'est cette dernière étape que nous allons voir dans notre cas clinique.^(4,73,80)

3.2.2 Cas clinique

Collection personnelle du Dr Hitmi L.⁽⁵⁸⁾

Dans ce protocole de collage, on allie les performances d'une colle composite fluide associé à un adhésif classique sur les molaires et d'un CVIMAR associé à un adhésif auto-mordant sur les dents de 5 à 5.

Le système de transfert est permis grâce à une double gouttière thermoformée (gouttière molle en Bioplaste 1mm et une gouttière dure en Duran 0,75mm). Dans un premier temps les surfaces dentaires sont nettoyées (figure 31) puis le mordantage des molaires est réalisé à l'aide de l'acide phosphorique à 37% (figure 31). Après aspiration, rinçage et séchage jusqu'à obtention d'un aspect blanc crayeux au niveau des molaires, on applique sur les dents de 5 à 5 l'adhésif Transbond Self Etching Primer et sur les molaires un second adhésif, l'Ortho solo (figures 32 et 33). La gouttière de transfert est ensuite chargée à l'aide d'un composite fluide (Transbond LV 3M Unitek) au niveau des molaires et d'un CVIMAR (Fuji Ortho LC GC) de 5 à 5 (figure 34). La gouttière prête peut être insérée en bouche et une pression digitale est appliquée sur toute l'arcade (figure 35). La photopolymérisation est réalisée, à l'aide d'un instrument, attache par attache en commençant par les secteurs postérieurs puis les incisives et enfin sur les toutes les autres dents de l'arcade (figure 35). Pour finir les gouttières de transfert sont déposées et les excès sont éliminés à la fraise boule en carbure de tungstène (figures 36 et 37).



Figure 31 : Nettoyage des surfaces dentaires (A) puis mordantage des molaires à l'acide phosphorique à 37% (B).



Figure 32 : Après rinçage et séchage, application de l'adhésif Transbond Self Etching Primer (3M Unitek) de 5 à 5 (C).



Figure 33 : Application de l'Ortho solo sur les molaires, suivie de l'évaporation du solvant (D).



Figure 34 : La gouttière est chargée d'un composite fluide au niveau des molaires puis d'un CVIMAR de 5 à 5 (E et F).



Figure 35 : Insertion de la gouttière en bouche puis photopolymérisation (G).



Figure 36 : Dépose de la gouttière dure puis de la gouttière molle (H et I).



Figure 37 : Élimination des excès à la fraise boule (J).

CONCLUSION

Le collage en orthodontie est en constante évolution depuis ces dernières décennies. L'orthodontie moderne et les traitements chez l'adulte, nous amène à coller sur différents substrats et non plus seulement sur de l'émail. Il est donc essentiel de connaître et maîtriser les protocoles de collage adaptés à chaque substrat.

Il n'existe à ce jour aucun système de collage universel et l'orthodontiste doit choisir son propre système en fonction de ses attentes, des données disponibles, de ses affinités et de la situation clinique. Il existe une multitude de produits mis à notre disposition pour le collage en orthodontie et il est parfois difficile d'effectuer un choix. Quel que soit le système choisi, aucune étape ne doit être sous-estimée pour garantir une stabilité des attaches durant toute la durée du traitement.

Ces protocoles sont incontestablement voués à être modifiés et améliorés dans les prochaines années. Avec l'avènement des matériaux hybrides aux propriétés biologiques remarquables, on peut espérer pour l'avenir une orthodontie la moins iatrogène possible pour les substrats dentaires.

Table des illustrations

Figure 1 : Coupe longitudinale d'une attache orthodontique ⁽⁴⁷⁾	3
Figure 2 : Mesure de l'angle de contact ⁽²³⁾	4
Figure 3 : Micro-sableuse ⁽⁶²⁾	5
Figure 4 : Acide de mordantage Ultradent ⁽⁸⁹⁾	6
Figure 5 : Surface amélaire avant mordantage ⁽²⁷⁾	6
Figure 6 : Surface amélaire après mordantage et séchage modéré où l'on visualise bien le réseau collagénique ⁽²⁷⁾	7
Figure 7 : Ultradent Porcelain Etch Refill ⁽³⁹⁾	11
Figure 8 : Ultradent Porcelain Silane ⁽⁴⁰⁾	11
Figure 9 : Reliance Plastic conditioner ⁽⁶⁷⁾	14
Figure 10 : Reliance Metal Primer ⁽⁶¹⁾	15
Figure 11 : Classification des systèmes adhésifs ⁽⁵⁵⁾	21
Figure 12 : Exemples d'adhésifs utilisables sur tout substrats	24
Figure 13 : Exemples d'adhésifs spécifiques sur la céramique applicable en orthodontie. ...	24
Figure 14 : Transbond Plus Self Etching Primer (3M Unitek) ⁽⁸⁶⁾	25
Figure 15 : Optibond eXTRA Universal ⁽⁶⁴⁾	26
Figure 16 : Représentation schématique d'une résine composite (Raskin A., 2009-2010) ⁽⁶⁹⁾ ..	26
Figure 17 : Concise Orthodontic Adhesive (3M Unitek) ⁽²⁾	32
Figure 18 : Rely-A-Bond (Reliance) ⁽⁷¹⁾	32
Figure 19 : Vertise Flow (Dental Kerr) ⁽⁹⁰⁾	35
Figure 20 : Megaset Orthodontic LC (Prime Dental) ⁽⁵⁹⁾	36
Figure 21 : Accumulation sévère de plaque chez un patient non-coopérant entraînant l'apparition de white spots sur la plupart des faces vestibulaires ⁽¹³⁾	42
Figure 22 : Conditionnement Transbond XT 3M : l'acide de mordantage, l'adhésif et la colle composite fluide.	48
Figure 23 : Polissage à l'aide d'une pâte prophylactique zircate	48
Figure 24 : Mordantage à l'acide.	49
Figure 25 : Rinçage et séchage.	49

Figure 26 : Application de l'adhésif.	49
Figure 27 : Application de la colle sur la base de l'attache.	49
Figure 28 : Mise en place de l'attache et élimination des excès.	50
Figure 29 : Photopolymérisation.	50
Figure 30 : Vue clinique après positionnement des attaches et mise en place de l'arc.	50
Figure 31 : Nettoyage des surfaces dentaires puis mordantage des molaires à l'acide phosphorique à 37%	52
Figure 32 : Après rinçage et séchage, application de l'adhésif Transbond Self Etching Primer (3M Unitek) de 5 à 5	52
Figure 33 : Application de l'Ortho solo sur les molaires, suivie de l'évaporation du solvant	52
Figure 34 : La gouttière est chargée d'un composite fluide au niveau des molaires puis d'un CVIMAR de 5 à 5	53
Figure 35 : Insertion de la gouttière en bouche puis photopolymérisation	53
Figure 36 : Dépose de la gouttière dure puis de la gouttière molle	53
Figure 37 : Élimination des excès à la fraise boule.....	54

BIBLIOGRAPHIE

1. 3M™ Multi-Cure™, Ciment de bagues, polymérisable plusieurs fois, KITOrthoDepot magasin pour orthodontistes, dentistes et cliniques [Internet]. [Cité 13 oct 2022]. Disponible sur: <https://www.orthodepot.fr/category-515/Collages/Colles--ciments-de-bagues/Durcissement-chimique-489/Multi-Cure--Kit-de-Ciment-pour-les-bagues--3M-Unitek>.
2. 3M™ Concise™, durcissement chimique, KIT [Internet]. OrthoDepot Shop. [Cité 12 oct 2022]. Disponible sur: <https://www.orthodepot.fr/category-515/Collages/Collage-pour-brackets/Durcissement-chimique/3M-Unitek-478/Concise-Set--3M-Unitek--1768>.
3. 3M™ Ketac Cem™, Ciment de bagues, durcissement chimique, KIT [Internet]. OrthoDepot Shop. [Cité 13 oct 2022]. Disponible sur: <https://www.orthodepot.fr/category-515/Offre-sp-ciale/CemBase-Ciment-verre-ionom-re-pour-bague--auto-durcissement>.
4. Aboujaoude R, Kmeid R, Gebrael C, Amm E. Comparison of the accuracy of bracket positioning between direct and digital indirect bonding techniques in the maxillary arch: a three-dimensional study. *Prog Orthod*. Sept 2022;23:31.
5. Adhésif en une étape alpha-dent® pour bracket | Technologies dentaires [Internet]. [Cité 12 oct 2022]. Disponible sur: <https://dentaltech.com/product/alpha-dent-one-step-bracket-adhesive>.
6. Alpha-Dent™, Ciment de bagues Light Cure, bleu, photopolymérisable, seringue à l'unité [Internet]. OrthoDepot Shop. [Cité 13 oct 2022]. Disponible sur: <https://www.orthodepot.fr/category-515/Collages/Colles-ciments-de-bagues/photo-polymerisation/alpha-dent-light-cure-band>.
7. Alpha-Dent™, Light Cure Ortho Adhesive (photopolymérisable), Kit-seringues [Internet]. OrthoDepot Shop. [Cité 13 oct 2022]. Disponible sur: <https://www.orthodepot.fr/category-515/Collages/Collage-pour-brackets/Photopolym-ri-sation/dental-technologies/alpha-dent-light-cure-ortho-adhesive>.
8. Alzainal AH, Majud AS, Al-Ani AM, Mageet AO. Orthodontic Bonding: Review of the Literature. *Int J Dent*. Juill 2020;2020:8874909.
9. Akasapu A, Hegde U, Murthy PS. Enamel Surface Morphology: An Ultrastructural Comparative Study of Anterior and Posterior Permanent Teeth. *J Microsc Ultrastruct*. Sept 2018;6(3):160-4.

10. AquaCem, durcissement chimique [Internet]. OrthoDepot Shop. [Cité 13 oct 2022]. Disponible sur: <https://www.orthodepot.fr/category-515/Collages/Colles--ciments-de-bagues/Durcissement-chimique-489/CemBase-Ciment-verre-ionom-re-pour-bague--auto-durcissement>.
11. Arash V, Naghipour F, Ravadgar M, Karkhah A, Barati MS. Shear bond strength of ceramic and metallic orthodontic brackets bonded with self-etching primer and conventional bonding adhesives. *Electron Physician*. Janv 2017;9(1):3584-91.
12. Araújo JL dos S, Alvim MMA, Campos MJ da S, Apolônio ACM, Carvalho FG, Lacerda-Santos R. Analysis of Chlorhexidine Modified Cement in Orthodontic Patients: A Double-Blinded, Randomized, Controlled Trial. *Eur J Dent*. Août 2021;15(4):639-46.
13. Bahoum A, Bahije L, Zaoui F. Utilisation raisonnée du fluor dans la prévention et le traitement. *Oct* 2012;6.
14. Bishara SE, Ajlouni R, Oonsombat C, Laffoon J. Bonding orthodontic brackets to porcelain using different adhesives/enamel conditioners: a comparative study. *World J Orthod*. 2005;6(1):17-24.
15. Bonnaure-Mallet M. Les biofilms buccaux, de véritables couffins pour les habitants du parodonte. *ID*. Déc 2021;34-7.
16. Brauchli L, Steineck M. Siloranes–Suitability of a Novel Adhesive for Orthodontic Bracket Bonding. *Dent J*. Nov 2021;9(11):135.
17. Brueckner C, Schneider H, Haak R. Shear Bond Strength and Tooth-Composite Interaction With Self-Adhering Flowable Composites. *Oper Dent*. Févr 2017;42(1): 90-100.
18. Chen M, Yi J, Zhao Z. Biocompatible orthodontic cement with antibacterial capability and protein repellency. *BMC Oral Health*. Août 2021;21:412.
19. Collage et scellement - Ormco [Internet]. Ormco FR. [Cité 13 oct 2022]. Disponible sur: <https://ormcoeurope.com/fr/produits/collage-et-scellement>.
20. Collage indirect [Internet]. [Cité 19 oct 2022]. Disponible sur: <https://www.orthodepot.fr/category-515/Collages/Collage-pour-brackets/Collage-indirect>.
21. Condò R, Mampieri G, Cioffi A, Cataldi ME, Frustaci I, Giancotti A, et al. Physical and chemical mechanisms involved in adhesion of orthodontic bonding composites: in vitro evaluations. *BMC Oral Health*. Juill 2021;21:350.
22. Couraud P. Étude du taux de réussite dans le collage d'attaches avec deux composites différents. *Orthod Fr*. Sept 2022;93(3):259-65.

23. Decrucq E, Devisse T, Benhammadi O. Les matériaux de collage et de scellement. *Orthod Fr.* Mars 2009;80(1):87-96.
24. Devatha AB, Lakshmi MN, Kumar NB, Erukala S, Valluri R, Ealla KKR. A Comparative Study of Shear Bond Strength of Direct Bonding System with and without a Liquid Primer: An In Vitro Study. *J Pharm Bioallied Sci.* Nov 2019;11(Suppl 3):S515-22.
25. Devillard R, Romieu O. Adhésion des biomatériaux aux tissus dentaires. In : *Référentiel internat dentisterie restauratrice endodontie.* Id presse Edition media. 2021. p. 103-6.
26. Devillard R, Romieu O. Les systèmes adhésifs amélo-dentaires. In : *Référentiel internat dentisterie restauratrice endodontie.* Id presse édition média. 2021. p. 104-10.
27. Devillard R, Romieu O. Adhésion des biomatériaux aux tissus dentaires. In : *Référentiel internat dentisterie restauratrice endodontie.* Presse Edition Media ; 2021. p. 106-7.
28. Devillard R, Romieu O. Adhésion des biomatériaux aux tissus dentaires. In : *Référentiel Internat Dentisterie Restauratrice Endodontie.* Id Presse Edition Media; 2021. p. 111-2.
29. Dziuk Y, Chhatwani S, Möhlhenrich SC, Tulka S, Naumova EA, Danesh G. Fluoride release from two types of fluoride-containing orthodontic adhesives: Conventional versus resin-modified glass ionomer cements — An in vitro study. *Févr 2021;16(2):* e0247716.
30. Eslamian L, Borzabadi-Farahani A, Mousavi N, Ghasemi A. The effects of various surface treatments on the shear bond strengths of stainless-steel brackets to artificially-aged composite restorations. *Aust Orthod J.* Mai 2011;27(1):28-32.
31. Francisco I, Travassos R, Nunes C, Ribeiro M, Marques F, Pereira F, et al. What Is the Most Effective Technique for Bonding Brackets on Ceramic—A Systematic Review and Meta-Analysis. *Bioengineering.* Janv 2022;9(1):14.
32. Franz A, Raabe M, Lilaj B, Dauti R, Moritz A, Müßig D, et al. Effect of two different primers on the shear bond strength of metallic brackets to zirconia ceramic. *BMC Oral Health.* Mars 2019;19:51.
33. Fuji ORTHO, Band Paste Pak, durcissement chimique (GC) [Internet]. OrthoDepot Shop. [Cité 13 oct 2022]. Disponible sur: <https://www.orthodepot.fr/category-515/Collages/Colles-ciments-de-bagues/Durcissement-chimique-489/GC-Fuji-ORTHO-Band-Paste-Pak-Photopolymerisation>.
34. Fuji ORTHO, Band Paste Pak SL, photopolymérisable (GC) OrthoDepot [Internet]. [Cité 13 oct 2022]. Disponible sur: <https://www.orthodepot.fr/category-515/Collages/Colles-ciments-de-bagues/photopolymerisation/GC-Fuji-ORTHO-Band-Paste-Pak-Photopolymerisation-1151>.

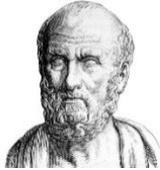
35. Fuji ORTHO, durcissement chimique, KIT (GC)OrthoDepot magasin pour orthodontistes, dentistes et cliniques [Internet]. [Cité 13 oct 2022]. Disponible sur: <https://www.orthodepot.fr/category-515/Collages/Collage-pour-brackets/Durcissement-chimique/Fuji-ORTHO-durcissement-chimique-GC/Fuji-Ortho-LC-AUTOMIX-photopolymerisation-GC>.
36. Fuji ORTHO LC AUTOMIX, photopolymérisable, Cartouches à l'unité (GC) [Internet]. OrthoDepot Shop. [Cité 13 oct 2022]. Disponible sur: <https://www.orthodepot.fr/category-515/Collages/Collage-pour-brackets/Photopolym-risation/Fuji-ORTHO-LC-photopolymerisable-GC/Fuji-Ortho-LC-AUTOMIX-photopolymerisation--GC>.
37. Gange P. The evolution of bonding in orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* Avr 2015;147(4):S56-63.
38. GC Ortho Connect [Internet]. GC Orthodontics. [Cité 12 oct 2022]. Disponible sur: <https://www.gcorthodontics.fr>.
39. Gel de gravure sur porcelaine - ULTRADENT [Internet]. Dentaltix - Boutique Dentaire Online. [Cité 18 oct 2022]. Disponible sur: <https://www.dentaltix.com/fr/ultradent/porcelain-etch-silane-kit-acide-de-mordantage>.
40. Gel de gravure sur porcelaine - ULTRADENT [Internet]. [Cité 18 oct 2022]. Disponible sur: <https://www.dentaltix.com/fr/ultradent/porcelain-etch-silane-kit-acide-de-mordantage>.
41. GLASS LOK™ Economy PackOrthoDepot magasin pour orthodontistes, dentistes et cliniques [Internet]. [Cité 13 oct 2022]. Disponible sur: <https://www.orthodepot.fr/category-515/Collages/Colles-ciments-de-bagues/Durcissement-chimique-489/glass-lok-economy-pack>.
42. Goracci C, Di Bello G, Franchi L, Louca C, Juloski J, Juloski J, et al. Bracket Bonding to All-Ceramic Materials with Universal Adhesives. *Materials.* Févr 2022;15(3):1245.
43. GoTo : Adhésif photopolymérisable pour Brackets - RELIANCE [Internet]. Dentaltix - Boutique Dentaire Online. [Cité 13 oct 2022]. Disponible sur: <https://www.dentaltix.com/fr/reliance/goto-adhesif-photopolymerisable-pour-brackets-1-unite-x-4-gr>.
44. Greset V. *Le collage en orthodontie: données actuelles.* [Nancy]: Lorraine; 2013.
45. Hassan B. Effect of various surface treatment procedures on shear bond strength of stainless-steel orthodontic brackets to composite resin. *Al-Rafidain Dent J.* Déc 2018;18(1):21-30.
46. Heliosit® Orthodontic [Internet]. OrthoDepot Shop [Cité le 12 oct 2022]. Disponible sur: <https://www.orthodepot.fr/category-515/Collages/Collage-pour-brackets/Photo-polym-risation/ivoclar-vivadent/heliosit-orthodontic>.

47. Hitmi L, Attal JP, Degrange M. Les différentes familles de colles composites : présentation et expérimentation. *Orthod Fr.* Mars 2002;73(1):39-58.
48. Joseph R, Ahmed N, Younus A A, Bhat KRR. Evaluation of Shear Bond Strength of a Primer Incorporated Orthodontic Composite Resin: An In-Vitro Study. *Cureus. Avr* 2022;14(4):e24088.
49. Kaya Y, Değirmenci BÜ, Değirmenci A. Comparison of the Shear Bond Strength of Metal Orthodontic Brackets Bonded to Long-term Water-aged and Fresh Porcelain and Composite Surfaces. *Turk J Orthod.* Mars 2019;32(1):28-33.
50. Khan AS, Alshaia A, AlDubayan A, Alarifi S, Alamri A, Aldossary H, et al. Preparation of Nano-Apatite Grafted Glass-Fiber-Reinforced Composites for Orthodontic Application: Mechanical and In Vitro Biofilm Analysis. *Materials.* Mai 2022;15(10):3504.
51. Kobayashi Y, Ota S, Endo T. Shear bond strength of orthodontic brackets bonded with resin coating material. *Dent Mater J.* Sept 2021;40(5):1284-9.
52. Kwak JY, Jung HK, Choi IK, Kwon TY. Orthodontic bracket bonding to glazed full-contour zirconia. *Restor Dent Endod.* Mai 2016;41(2):106-13.
53. Labunet A, Tonea A, Kui A, Sava S. The Use of Laser Energy for Etching Enamel Surfaces in Dentistry A Scoping Review. *Materials.* Mar2022;15(6):1988.
54. Lee JH, Lee M, Kim KN, Hwang CJ. Resin bonding of metal brackets to glazed zirconia with a porcelain primer. *Korean J Orthod.* Nov 2015;45(6):299-307.
55. Les adhésifs Amélo-Dentaires [Internet]. [Cité 21 oct 2022]. Disponible sur: <http://thedentalist.fr/les-adhesifs-amelo-dentaires>.
56. Light Bond, photopolymérisable, REGULAR, Kit, pâte dans seringue [Internet]. OrthoDepot Shop. [Cité 13 oct 2022]. Disponible sur: <https://www.orthodepot.fr/category-515/Collages/Collage-pour-brackets/Photopolym-risation/Reliance-Orthodontic-Products/Light-Bond--Reliance-/Light-Bond--High-Viscosity--seringues--Reliance>.
57. L'importance des adhésifs dentaires dans le monde de l'orthodontie [Internet]. Dentaltix - Boutique Dentaire Online. [Cité 21 sept 2022]. Disponible sur: <https://www.dentaltix.com/fr/blog/limportance-des-adhesifs-dentaires-dans-le-monde-de-lorthodontie>.
58. L'Orthodontiste Vol 4 n°4 - Septembre - Octobre 2015 [Internet]. [Cité 19 oct 2022]. Disponible sur: <https://www.calameo.com>.
59. Megaset orthodontic LC, 1 seringue (Prime Dental) [Internet]. OrthoDepot Shop. [Cité 12 oct 2022]. Disponible sur: <https://www.orthodepot.fr/category-515/Collages/Collage-pour-brackets/Photopolym-risation/Prime-Dent/Megaset-orthodontic>.

60. Mesquita JA, Lacerda-Santos R, Sampaio GAM, Godoy GP, Nonaka CFW, Alves PM. Evaluation in vivo of biocompatibility of different resin-modified cements for bonding orthodontic bands. *An Acad Bras Cienc.* 2017;89:2433-43.
61. Metal Primer [Internet]. OrthoDepot Shop. [Cité 18 oct 2022]. Disponible sur: <https://www.orthodepot.fr/category-515/Collages/Collage-pour-brackets/Primer/Metal-Primer-Reliance-Orthodontic-Products>.
62. Micro-sableuse standard pour laboratoire dentaire - BIO-ART [Internet]. Dentaltix - Boutique Dentaire Online. [Cité 18 oct 2022]. Disponible sur : <https://www.dentaltix.com/fr/bio-art/micro-sableuse-de-laboratoire-dentaire-standard>.
63. Nicholson JW, Sidhu SK, Czarnecka B. Enhancing the Mechanical Properties of Glass-Ionomer Dental Cements: A Review. *Materials.* Mai 2020;13(11):2510.
64. Optibond extra Universal [Internet]. [Cité 18 oct 2022]. Disponible sur: <https://www.dentalclick.fr/optibond-extra-universal>.
65. Ormco Grengloo Adhesive [Internet]. AHP Dental & Medical. [Cité 13 oct 2022]. Disponible sur: <https://www.ahpdentalmedical.com.au/ormco-grengloo-adhesive>.
66. Pad Lock, Pâte, à l'unité, en seringue [Internet]. OrthoDepot Shop. [Cité 13 oct 2022]. Disponible sur: <https://www.orthodepot.fr/category-515/Collages/Collage-pour-brackets/Photopolym-risation/Reliance-Orthodontic-Products/Assure-460/Light-Bond--High-Viscosity-seringues-Reliance>.
67. Plastic Conditioner. Reliance Orthodontic Products. [Cité 18 oct 2022]. Disponible sur: <https://www.relianceorthodontics.com/Plastic-Conditioner>.
68. Rangrazi A, Daneshmand MS, Ghazvini K, Shafae H. Effects of Magnesium Oxide Nanoparticles Incorporation on Shear Bond Strength and Antibacterial Activity of an Orthodontic Composite: An In Vitro Study. *Biomimetics.* Sept 2022;7(3):133.
69. Raskin A, Ramel C, Giraud N. Les résines composites-Partie 1. *Mars* 2018;10-21.
70. Reichheld T. Clinical Significance of Bis-GMA and HEMA Orthodontic Resins Bonding to Enamel and Ceramic Materials. *Déc* 2016;37(10).
71. Rely-a-Bond, durcissement chimique, Pâte en Seringue, KIT [Internet]. OrthoDepot Shop. [Cité 12 oct 2022]. Disponible sur: <https://www.orthodepot.fr/category-515/Collages/Collage-pour-brackets/Durcissement-chimique/Reliance-Orthodontic-Products-471/Assure-474/Rely-8226-a-8226-Bond-Kit-Colle-en-seringues-Reliance>.
72. Ryu MJ, Gang SN, Lim SH. Effect of silica coating on bond strength between a gold alloy and metal bracket bonded with chemically cured resin. *Korean J Orthod.* Mai 2014;44(3):105-12.

73. Sabbagh H, Khazaei Y, Baumert U, Hoffmann L, Wichelhaus A, Janjic Rankovic M. Bracket Transfer Accuracy with the Indirect Bonding Technique-A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Clin Med*. Mai 2022;11(9):2568.
74. Samantha C, Sundari S, Chandrasekhar S, Sivamurthy G, Dinesh S. Comparative Evaluation of Two Bis-GMA Based Orthodontic Bonding Adhesives - A Randomized Clinical Trial. *J Clin Diagn Res JCDR*. Avr 2017;11(4):ZC40.
75. Shamohammadi Heidari M, Moradinejad M, Tabatabaei H, Rakhshan V. Effects of Three Novel Bracket Luting Agents Containing Zirconia Primer on Shear Bond Strength of Metal Orthodontic Brackets Attached to Monolithic Zirconia Crowns: A Preliminary In Vitro Study. *Int J Dent*. Fevr 2022;2022:7107526.
76. Sharifi N, Mohammadi Z, Arab S, Shojaee M, Vafadoost F, Zakerzadeh A. Shear Bond Strength of Orthodontic Brackets Bonded with a Self-Adhering Composite in Dry and Saliva-Contaminated Conditions. *Front Dent*. Janv 2022;19:5.
77. Shirazi M, Tamadon M, Izadi M. Effect of addition of bioactive glass to resin modified glass ionomer cement on enamel demineralization under orthodontic brackets. *J Clin Exp Dent*. Juin 2019;11(6):e521.
78. Siddarth B, Aileni KR, Rachala MR, Dasari AK, Mallepally JP, Thadisina PR, et al. Comparative evaluation and influence of new Optibond eXTRa self-etch Universal adhesive and conventional Transbond XT on shear bond strength of orthodontic brackets—An in vitro study. *J Orthod Sci*. Août 2022;11:43.
79. Sikka N, Brizuela M. Glass Ionomer Cement. In: *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls; Sept 2022.
80. Silverman E, Cohen M, Gianelly AA, Dietz VS. A universal direct bonding system for both metal and plastic brackets. *Am J Orthod*. Sept 1972;62(3):236-44.
81. Simon-Soro A, Ren Z, Krom BP, Hoogenkamp MA, Cabello-Yeves PJ, Daniel SG, et al. Polymicrobial Aggregates in Human Saliva Build the Oral Biofilm. *mBio*. Fevr 2022;13(1):e00131-22.
82. Sofan E, Sofan A, Palaia G, Tenore G, Romeo U, Migliau G. Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type. *Ann Stomatol (Roma)*. Juill 2017;8(1):1-17.
83. Tahmasbi S, Badiie M, Modarresi M. Shear Bond Strength of Orthodontic Brackets to Composite Restorations Using Universal Adhesive. *J Dent Shiraz Iran*. Juin 2019;20(2):75-82.
84. Tayebi A, Fallahzadeh F, Morsaghian M. Shear bond strength of orthodontic metal brackets to aged composite using three primers. *J Clin Exp Dent*. Juin 2017;9(6):e749-55.

85. Tourot JE, Dantagnan CA, Francois P, Dursun E, Attal JP. Étude *in vitro* évaluant l'adhérence des attaches métalliques orthodontiques collées à l'aide d'un adhésif universel aux céramiques en disilicate de lithium. *Orthod Fr.* Juin 2022;93(2):101-9.
86. Transbond plus self etching [Internet]. [Cité 18 oct 2022]. Disponible sur: <https://www.dentalprive.fr/mordancage/1354-transbond-plus-self-etching>.
87. Tse M. The Effect of Surface Treatments and Bonding Agents on the Shear Bond Strengths of Orthodontic Brackets Bonded to Aged Composite Resin Restorations. *Nov* 2012;61.
88. Ultra Band-Lok [Internet]. [Cité 13 oct 2022]. Disponible sur: <https://www.ortho depot.fr/category-515/Collages/Collages/Colles-ciments-de-bagues/photopolymerisation/Granitec-Light-Cure-Ciment-pour-bague-photopolym-risation--bleu>.
89. Ultra Etch Indispense : Acide de mordantage - ULTRADENT [Internet]. Dentaltix - Boutique Dentaire Online. [Cité 18 oct 2022]. Disponible sur: <https://www.dentaltix.com/fr/ultradent/ultra-etch-indispense-acide-mordancage-dentaire>.
90. VERTISE FLOW [Internet]. [Cité 12 oct 2022]. Disponible sur: <https://www.mega dental.fr/vertise-flow-kerr>.
91. Viwattanatipa N, Jermwiwatkul W, Chintavalakorn R, Nanthavanich N. The effect of different surface preparation techniques on the survival probabilities of orthodontic brackets bonded to nanofill composite resin. *J Orthod.* Sept 2010;37(3):162-73.
92. Vreven J, Rasquin A, Sabbagh J, Vermeersch G, Leloup G. Résines composites. 2005;1-21.
93. Wang M, Shi X, Cheng WP, Ma FH, Cheng SM, Kang X. Clinical Study on Efficiency of Using Traditional Direct Bonding or OrthGuide Computer-Aided Indirect Bonding in Orthodontic Patients. *Dis Markers.* Sept 2022;2022:9965190.
94. Wongsamut W, Satrawaha S, Wayakanon K. Surface modification for bonding between amalgam and orthodontic brackets. *J Orthod Sci.* Oct 2017;6(4):129-35.
95. Zachrisson YO, Zachrisson BU, Büyükyilmaz T. Surface preparation for orthodontic bonding to porcelain. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* Avr 1996;109(4):420-30.
96. Zhang ZC, Qian YF, Yang YM, Feng QP, Shen G. Bond strength of metal brackets bonded to a silica-based ceramic with light-cured adhesive: Influence of various surface treatment methods. *Sept* 2016;77(5):366-72.



SERMENT MEDICAL

En présence des Maîtres de cette Faculté, de mes chers condisciples, devant l'effigie d'HIPPOCRATE.

Je promets et je jure, d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine Dentaire.

Je donnerai mes soins à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail, je ne participerai à aucun partage clandestin d'honoraires.

Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admise dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Je ne permettrai pas que des considérations de religion, de nation, de race, de parti ou de classe sociale viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

Même sous la menace, je n'admettrai pas de faire usage de mes connaissances médicales contre les lois de l'humanité.

J'informerai mes patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des connaissances pour forcer les consciences.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

Respectueuse et reconnaissante envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leur père.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois déshonorée et méprisée de mes confrères si j'y manque.

COLPART Margaux - Le collage en orthodontie, données actuelles

Th. : Chir. dent. : Marseille : Aix-Marseille Université : 2022

Rubrique de classement : Orthopédie Dento-Faciale

Résumé :

Le collage aux tissus dentaires est un acte quotidien de la dentisterie, aussi bien en odontologie conservatrice, qu'en odontologie prothétique ou encore en orthodontie. En orthodontie, le collage est en constante évolution depuis ces dernières décennies et il n'existe à ce jour aucun système de collage universel.

Dans ce travail, seront présentés les différents substrats rencontrés en bouche ainsi que leurs protocoles de traitements de surfaces. Puis, il sera énuméré les matériaux d'assemblage mis à la disposition de l'orthodontiste. Pour finir, des cas cliniques serviront à illustrer ce travail.

Un travail de recherche bibliographique a été mené afin de faire le point sur les nouveaux produits commercialisés ou en cours d'études, les défauts des systèmes existants, ainsi que les protocoles rigoureux à respecter pour obtenir un collage le plus performant possible.

Mots-clés :

collage - orthodontie - adhésion - substrat - matériaux - protocoles

COLPART Margaux - Bonding in Orthodontics, current data

Abstract:

Bonding to dental tissues is a daily act of Dentistry, both in conservative Dentistry and in prosthetic Dentistry and Orthodontics. In Orthodontics, bonding has been constantly evolving over the past few decades and as of today, there is no universal bonding system yet.

In this thesis work, the different substrates observed in the mouth as well as their surface treatment protocols will be presented. Then, the assembly materials made available to the Orthodontist will be listed. Finally, clinical cases will be used to illustrate this work.

A bibliographical research work was carried out in order to assess the new marketed products, or the ones still being studied, the defects of the existing systems, as well as the rigorous protocols to be followed in order to obtain the most efficient bonding possible.

Keywords:

bonding - orthodontics - adhesion - substrate - materials - protocols