



HAL
open science

Traitement orthodontique multi-attache vestibulaire : sceller ou coller les molaires ?

Apolline Durand

► **To cite this version:**

Apolline Durand. Traitement orthodontique multi-attache vestibulaire : sceller ou coller les molaires ?. Sciences du Vivant [q-bio]. 2020. hal-03298232

HAL Id: hal-03298232

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-03298232v1>

Submitted on 23 Jul 2021

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.



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

ACADÉMIE DE NANCY-METZ
UNIVERSITÉ DE LORRAINE
FACULTÉ D'ODONTOLOGIE

Année 2020

N° 11187C

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

Présentée et soutenue publiquement le : 03/07/2020

par

Apolline Durand

Née le 28/09/1993 à Laxou (54)

**TRAITEMENT ORTHODONTIQUE MULTI-
ATTACHE VESTIBULAIRE : SCELLER OU COLLER LES
MOLAIRES ?**

Composition du jury :

Président: Pr Jean-Marc MARTRETTE

Membres : Pr Pascal AMBROSINI

Dr Jacques SCHOUVER

Dr Bart VANDE VANNET

Membre invité : Dr Jean-François CUZIN

Directeur de thèse : Pr Jean-Marc MARTRETTE

Codirecteur : Dr Bart VANDE VANNET

« Par délibération en date du 11 décembre 1972, la Faculté de Chirurgie Dentaire a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propre à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation »

Président : Professeur Pierre MUTZENHARDT

Doyen : Professeur Jean-Marc MARTRETTE

Vice-Doyens :

Dr Céline CLEMENT – Dr Rémy BALTHAZARD – Dr Anne-Sophie VAILLANT

Membres Honoraires :

Dr L. BABEL – Pr. S. DURIVAUX – Pr A. FONTAINE – Pr G. JACQUART – Pr D. ROZENCWEIG - Pr ARTIS - Pr M. VIVIER

Doyens Honoraires :

Pr J. VADOT, Pr J.P. LOUIS Professeur émérite : Pr M-P FILLEUL

Département odontologie pédiatrique Sous-section 56-01	Mme	<u>DROZ Dominique</u>	Maître de conférences *
	Mme	JAGER Stéphanie	Maître de conférences *
	M.	PREVOST Jacques	Maître de conférences
	Mme	HERNANDEZ Magali	Maître de conférences *
	M.	LEFAURE Quentin	Assistant
	Mme	HOMBOURGER Morgane	Assistante
Département orthopédie dento-faciale Sous-section 56-01	M.	<u>VANDE VANNET Bart</u>	Maître de conférences associé *
	Mme	SENG Marilyne	Assistante *
Département prévention, épidémiologie, économie de la santé, odontologie légale Sous- section 56-02	Mme	<u>CLÉMENT Céline</u>	Maître de conférences *
	M.	BAUDET Alexandre	Assistant *
	Mme	NASREDDINE Greyce	Assistante
Département parodontologie Sous-section 57-01	M.	<u>AMBROSINI Pascal</u>	Professeur des universités *
	Mme	BISSON Catherine	Maître de conférences *
	M.	JOSEPH David	Maître de conférences *
	M.	LACH Patrick	Assistant
	Mme	MAYER-COUPIN Florence	Assistante
	Mme	PAOLI Nathalie	Enseignante univ. – praticien attachée
Département chirurgie orale Sous-section 57-01	Mme	<u>GUILLET-THIBAUT Julie</u>	Maître de conférences *
	M.	BRAVETTI Pierre	Maître de conférences
	Mme	PHULPIN Bérengère	Maître de conférences *
	M.	CLERC Sébastien	Assistant*
	M.	CHAPUIS Hippolyte	Assistant*
Département biologie orale Sous-section 57-01	Mme	KICHENBRAND Charlène	Enseignante univ. – praticien attachée*
	M.	<u>YASUKAWA Kazutovo</u>	Maître de conférences *
	M.	MARTRETTE Jean-Marc	Professeur des universités *
Département dentisterie restauratrice, endodontie Sous-section 58-01	Mme	EGLOFF-JURAS Claire	Maître de conférences *
	M.	<u>MORTIER Éric</u>	Professeur des universités *
	M.	AMORY Christophe	Maître de conférences
	M.	BALTHAZARD Rémy	Maître de conférences *
	M.	ENGELS-DEUTSCH Marc	Professeur des universités *
	M.	VINCENT Marin	Maître de conférences*
	Mme	GEBHARD Cécile	Assistante
	M.	GRABER Clément	Assistant
Département prothèses Sous- section 58-01	M.	GISS Renaud	Assistant *
	M.	<u>DE MARCH Pascal</u>	Maître de conférences
	M.	SCHOUVER Jacques	Maître de conférences
	Mme	VAILLANT Anne-Sophie	Maître de conférences *
	Mme	CORNE Pascale	Maître de conférences *
	M.	CIESLAK Steve	Assistant
	M.	HIRTZ Pierre	Enseignant univ. – praticien attaché
	Mme	MOEHREL Bethsabée	Assistante
	M.	SYDA Paul-Marie	Assistant
Département fonction-dysfonction, imagerie, biomatériaux Sous-section 58-01	Mme	WILK Sabine	Assistante
	Mme	<u>STRAZIELLE Catherine</u>	Professeur des universités *
	Mme	MOBY (STUTZMANN) Vanessa	Maître de conférences *
	M.	SALOMON Jean-Pierre	Maître de conférences
Mme	JANTZEN-OSSOLA Caroline	Assistante associée	

Souligné : responsable de département
Mis à jour le 18/11/2019

*temps plein

REMERCIEMENTS

**A notre président du jury et directeur de thèse,
Monsieur le Professeur Jean-Marc MARTRETTE**

Docteur en chirurgie dentaire

Docteur en sciences pharmacologiques

Spécialiste qualifié en médecine bucco-dentaire

Habilité à diriger des recherches

Professeur des Universités-Praticien Hospitalier

Doyen de la faculté d'odontologie de Lorraine

Chevalier des palmes académiques

Vous avez accepté de diriger ce jury de thèse, nous vous en remercions.

Nous avons appris de votre sens de l'écoute durant nos études.

Recevez ici le témoignage de notre plus profond respect.

A notre codirecteur,

Monsieur le Docteur Bart VANDE VANNET

Docteur en chirurgie dentaire (DDS)

Docteur en sciences dentaires (PhD)

Spécialiste qualifié en orthopédie dento-faciale (MScOrth)

Habilité à diriger des recherches (HDR)

Maître de conférences des Universités – Praticien Hospitalier

Responsable de la Sous-section : Orthopédie dento-faciale

Vous avez accepté de diriger cette thèse et nous vous en remercions.

Votre expérience nous a guidé tout au long de la rédaction.

Veillez recevoir ce travail comme marque de notre plus grand respect.

A notre juge,

Monsieur le Docteur Jacques SCHOUVER

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur en Sciences Odontologiques

Maître de Conférences des Universités - Praticien Hospitalier

Sous-section : Prothèses

*Nous sommes très honorée de votre présence dans ce jury de thèse.
Nous vous remercions pour le temps que vous y avez consacré.
Soyez assuré de notre profond respect.*

A notre juge,

Monsieur le Professeur Pascal AMBROSINI

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'Université Henri Poincaré Nancy I

Habilité à diriger des recherches

Professeur des Universités-Praticien Hospitalier

Responsable de la sous-section : Parodontologie

*Vous nous avez fait le plaisir de bien vouloir prendre part à notre jury.
Nous vous remercions pour votre sympathie et votre pédagogie tout au long de nos études.*

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

A notre juge,

Monsieur le Docteur Jean-François CUZIN

Docteur en chirurgie dentaire

Spécialiste qualifié en orthopédie dento-faciale

Ancien Assistant Hospitalier Universitaire

Directeur du Master d'Orthodontie Linguale de Bruxelles

Vous nous faites le grand honneur de juger notre travail.

Vous avez su donner à chacun de vos enseignements un grand attrait et une dimension clinique très appréciable.

Permettez-nous de vous exprimer aujourd'hui toute notre admiration et notre gratitude.

Sommaire

- Introduction
- Tubes ou bagues : avantages et inconvénients
- Etat des lieux
- Avantages et inconvénients pour le praticien
 - Habitudes
 - Rapport coût/efficacité
- Avantages et inconvénients pour le patient
 - Age et sexe
 - Risque infectieux
 - Risque parodontal
 - Risque carieux
 - Anomalie de structure dentaire
 - Stade d'évolution dentaire, possibilités d'isolation et d'accès
 - Contraintes occlusales
 - Confort
- Indications selon le plan de traitement
 - Traitement sans chirurgie
 - Traitement ortho-chirurgical
 -
 - Comment optimiser le collage et le scellement
- Le collage des attaches
 - Préparation avant collage : mordançage, micro-abrasion, utilisation d'un silane ?
 - Quelle colle ?
 - Technique de collage : directe ou indirecte ?
 - Influence de la morphologie de l'attache
 - Cas particulier : le collage d'attaches linguales
- Le scellement des bagues
 - Indications, avantages et inconvénients de la pose d'élastiques séparateurs
 - Quel ciment ?
 - Traitement de l'intrados de la bague
 - Mise en place de la bague
 -
 - Tableau récapitulatif
 - Conclusion
 - Bibliographie

Tables des illustrations

Figure 1 Comparaison du stock de bagues nécessaire pour une 16 par rapport au stock de tubes (document personnel)	16
Figure 2 Conduite à tenir avant pose de bagues, pose d'élastiques séparateurs, débague, chez un patient à risque.....	24
Figure 3 Radiographie intra-orale objectivant une perte osseuse importante à l'endroit où un élastique séparateur a été oublié (entre la 1ère et la deuxième molaires) (Nettem <i>et al.</i> , 2012).....	29
Figure 4 Bonnes pratiques de collage pour limiter le risque carieux tout en conservant une bonne résistance au collage. Source des images : documents personnels	40
Figure 5 Bonnes pratiques de scellement d'une bague pour limiter le risque carieux tout en conservant une bonne résistance au descellement. Source des images : documents personnels	42
Figure 6 Photographie endobuccale d'un patient atteint d'amélogenèse imparfaite, document personnel	44
Figure 7 Photographies endobuccales d'une patiente atteinte de MIH, les flèches indiquent des zones d'hypominéralisation (documents personnels)	45
Figure 8 Photographie endobuccale d'une patiente (12 ans) atteinte de dentinogenèse imparfaite (document personnel)	45
Figure 9 Photographie endobuccale d'un patient du CHU de Nancy atteint de fluorose dentaire	46
Figure 10 Molaires présentant une anomalie de structure : tube ou bague ?.....	47
Figure 11 Les crêtes marginales de la deuxième molaire ne sont pas alignées ou nivelées avec les crêtes marginales du reste de l'arcade. Source (Andreasen, 1986).....	48
Figure 12 Vue endobuccale vestibulaire d'un demi tube sur 47 (document personnel).....	48
Figure 13 Cales molaires en compomère pour éviter le contact entre la cuspidé de 15 et l'ailette distale de l'attache de 45 (documents personnels).	49
Figure 14 Espace laissé par une bague en mésial de 16 à la dépose de l'appareil (document personnel)	50
Figure 15 Radiographie objectivant la présence d'un tube projeté dans le pharynx (source (Godoy <i>et al.</i> , 2011))	51
Figure 16 Coupe longitudinale d'un assemblage collé (B: bracket, C : colle, S : substrat) (Hitmi <i>et al.</i> , 2002)	54
Figure 17 Assemblage d'une attache collée en technique indirect (Hitmi, 2012).....	54
Figure 18 Vue au microscope électronique à balayage d'une surface d'émail mordancé avec H3PO4 à 37 % 30s (van Waveren Hogervorst <i>et al.</i> , 2000)	55
Figure 19 Vue au microscope électronique à balayage d'une surface amélaire sablée avec des particules d'oxyde d'alumine à 50 µm à une pression de 0,1 MPa pendant 1 seconde (van Waveren Hogervorst <i>et al.</i> , 2000)	59
Figure 20 Tubes molaires personnalisés (source (Sharma <i>et al.</i> , 2014)).....	69
Figure 21 Deux exemples d'insertion d'un séparateur élastomérique (Proffit <i>et al.</i> , 2014)	70
Figure 22 Exemple d'insertion et désinsertion d'un séparateur métal (Proffit <i>et al.</i> , 2014).....	71

Tables des tableaux

Tableau 1 Avantages et inconvénients des tubes et bagues en termes de rapport coût/efficacité	17
Tableau 2 : principales études rapportées dans la littérature sur la mise en place de bagues et le débagueage et leurs conséquences sur la survenue d'une bactériémie	20
Tableau 3 Avantages et inconvénients des bagues et des tubes en termes de risque parodontal	30
Tableau 4 Classification ICDAS : reconnaître cliniquement les différents stades (Beerens <i>et al.</i> , 2015 ; Ismail <i>et al.</i> , 2007).....	32
Tableau 5 Facteurs de risque de déminéralisations en cours de traitement orthodontique (si un patient présente deux facteurs à haut risque ou plus il sera classifié comme patient à risque)(Heymann, Grauer, 2013)	32
Tableau 6 Avantages et inconvénients des bagues et des tubes en termes de risque carieux	43
Tableau 7 Choix du système de collage idéal sur les molaires (Hitmi <i>et al.</i> , 2002)	68
Tableau 8 Synthèse des avantages et inconvénients des tubes ou des bagues.....	77

Table des abréviations

Bis-GMA : bisphénol méthacrylate de glycine

CPP-ACP : phosphopeptine caséine – phosphate de calcium amorphe

CVI : ciment verre ionomère

CVIMAR : ciment verre ionomère modifié par adjonction de résine

Er : Yag : erbium : yttrium aluminum garnet

HEMA : hydroxyéthyle méthacrylate

ICDAS : international caries detection and assessment system

M&R : mordantage et rinçage

MIH : hypominéralisation molaire incisive

MPC : 2-méthacryloyloxyethyl phosphorylcholine

SAM : solutions auto mordançantes

TEGDMA : triéthylène glycol diméthacrylate

UDMA : diméthacrylate uréthane

1. Introduction

Les traitements fixes constituent la majorité de l'exercice de l'orthodontiste et dépendent des attaches (bagues ou attaches/tubes), qui doivent rester en place tout au long du traitement, ceci à la fois pour assurer son bon déroulement, mais aussi pour permettre une organisation du cabinet la moins perturbée possible par d'éventuelles urgences. Ainsi, la pratique orthodontique implique une recherche constante de nouvelles techniques et de nouveaux matériaux et protocoles, qui bénéficieront à la fois au patient et au praticien.

Le collage en orthodontie a constitué une révolution. En 1966, à l'université de Rochester (New York), une technique de collage directe a été développée et utilisée pour la première fois chez plusieurs patients. Les attaches utilisées étaient rondes, en métal, avec une gorge de dimensions 0,018x0,025 inch. La résine utilisée pour le collage était la même que celle utilisée par Buonocore et Cueto pour le scellement des puits et fissures (Cueto et Buonocore 1967). Cette expérience a été réalisée pour voir s'il était envisageable de coller une attache directement sur l'émail sans utiliser une bague orthodontique. Seules les incisives supérieures, et parfois les canines maxillaires, étaient ainsi collées (Cueto 1990). En 1975-1976, l'introduction des bases en forme de treillis a permis une nouvelle avancée, et de l'incisive centrale à la molaire, toutes les dents sont aujourd'hui susceptibles d'être collées. L'essor du collage a permis au traitement orthodontique d'être réalisé avec de moindres douleurs liées à l'insertion des bagues, plus de tolérance et de respect des tissus dentaires et parodontaux, et l'amélioration de l'esthétique et du confort (Gebeile-Chauty *et al.* 2012).

Pourtant, de nombreux orthodontistes continuent à utiliser des bagues sur les molaires, malgré les contraintes qui sont liées à leur stockage et leur mise en place.

Les questions suivantes se posent : comment optimiser la prise en charge des molaires dans un multi-attache vestibulaire ? Les bagues ont-elles toujours leur place dans les cabinets ? Pourquoi les utiliser ? Quand faut-il préférer le collage d'une attache ?

2. Tubes ou bagues : avantages et inconvénients

2.1. Etat des lieux

Après plus de cinquante ans de recul sur le collage en orthodontie, une étude des pratiques aux Etats-Unis atteste du déclin de la mise en place de bagues au profit du collage. Les premières molaires maxillaires ne sont plus baguées que par moins d'un tiers des orthodontistes nord-américains et leur collage a doublé entre 2011 et 2017, à l'exception des deuxièmes molaires maxillaires. Le pourcentage médian d'échec de collage représente 5% des attaches vestibulaires collées. Ces observations sont corrélées avec la diminution très nette de l'utilisation de forces extra-orales, et les échecs de collage observés sont principalement liés à une erreur dans le protocole, et non au système de collage utilisé (Keim *et al.* 2014; Graber *et al.* 2016).

2.2. Avantages et inconvénients pour le praticien

2.2.1. Habitudes

Dans une étude de 1999, il a été montré que l'opérateur constitue une variable ayant un impact sur le taux de succès de collage des tubes, en comparant des praticiens ayant une expérience similaire. L'étude suppose que c'est la hauteur à laquelle est collée l'attache et la façon dont elle est préencollée, qui expliquent ces différences en termes de taux de réussite (Millett *et al.* 1999). Une autre étude, qui a comparé les taux de survie et d'échecs à l'échelle globale du multi-attache, a observé entre ses deux opérateurs un taux de survie des attaches statistiquement différent entre les deux opérateurs malgré un protocole stricte, alors que la différence en termes de taux d'échec observés était statistiquement non significative. Les chercheurs expliquent les différences observées par le comportement du patient qui motiverait plus ou moins le praticien au respect du protocole (Hitmi *et al.* 2001).

2.2.2. Rapport coût/efficacité

Acquérir un taux d'échec de collage le plus bas possible devrait être une des priorités du praticien (Graber *et al.* 2016). En effet, replacer une attache perturbe l'organisation du cabinet, est chronophage et coûteux. C'est l'un des principaux facteurs en cause lors d'un traitement qui s'allonge (Beckwith *et al.* 1999). Le retard que prend le traitement représente un coût et a un impact social sur la qualité de vie des patients. Les bagues scellées avec un ciment verre-ionomère sont plus rétentives que les tubes qui observent plus de décollements (Millett *et al.* 2017) : le risque de décollement pour un tube étant 2,30 fois supérieur (57%) que pour une bague (25%). En termes de coût-efficacité les bagues semblent donc plus avantageuses. Cependant, le rendez-vous de pose des séparateurs qu'elles imposent avant le rendez-vous de scellement représente lui aussi du temps et donc un certain coût.

Le stockage s'avère beaucoup plus fastidieux pour les bagues, qui nécessitent de présenter une multitude de tailles pour s'adapter à chaque patient. Contrairement aux tubes qui sont les mêmes pour tous. En termes de stockage, les tubes s'avèrent donc plus avantageux.



Figure 1 Comparaison du stock de bagues nécessaire pour une 16 par rapport au stock de tubes (document personnel)

Avantages et Inconvénients	Tube	Bague
Taux d'échec	57%	25%
Mise en place	Rapide	Séparateurs obligatoires + choix taille
Stockage	Simple (1 taille)	Complexe (nombreuses tailles)

Tableau 1 Avantages et inconvénients des tubes et bagues en termes de rapport coût/efficacité

2.3. Avantages et inconvénients pour le patient

2.3.1. Age et sexe

Les études de la littérature présentent des résultats contradictoires quant à l'effet de l'âge sur le taux de décollement. Tandis que certaines affirment qu'il existe une influence de l'âge du patient sur le taux de décollement, avec plus d'échec chez les adolescents (Millett *et al.* 1999), d'autres ne trouvent pas de différence significative entre les groupes d'âge différent (Hitmi *et al.* 2001). Quoiqu'il en soit, pour un même protocole, il existe une très grande variabilité de succès du collage entre différents patients, et ce sans qu'aucune caractéristique ne puisse expliquer ces différences. Et seul un petit nombre de patients présente un fort taux de décollements lors du traitement (Zachrisson 1977).

La plupart des études s'accordent à dire qu'il n'y a pas d'influence du sexe sur le taux de décollement des attaches (Millett *et al.* 1999; Hitmi *et al.* 2001)

2.3.2. Risque infectieux

Une bactériémie est susceptible de se produire au cours de nombreuses procédures impliquant la cavité buccale, aussi bien dans la vie quotidienne du patient, par exemple lors du brossage (Tomás *et al.* 2012), que lors de ses visites chez des professionnels (détartrage/surfaçage (Zhang *et al.* 2013), avulsion (Mougeot *et al.* 2015), ...).

Certains actes orthodontiques impliquant une manipulation de la gencive n'échappent pas à la règle (Erverdi *et al.* 1999). Cependant, la survenue d'une endocardite

infectieuse n'est, dans la plupart des cas, pas attribuée à un acte dentaire (Dajani *et al.* 1997).

Cette bactériémie, qui n'aura pas d'incidence clinique chez un patient sain, peut s'avérer dangereuse chez certains patients (AFFSAPS 2011).

La mise en place des bagues et le débagueage sont considérés jusqu'à maintenant comme les deux actes les plus à risque en orthodontie. La pose de séparateurs est également associée à un risque significatif de survenue d'une bactériémie (Lucas *et al.* 2002; Umeh *et al.* 2016). 60% des membres de l'American Association of Orthodontics recommandent la prescription d'une antibioprophylaxie avant leur mise en place (Vandersluis et Suri 2020).

Selon les recommandations de l'AFFSSAPS de 2011 (AFFSAPS 2011), est défini comme acte invasif « un acte susceptible d'induire une infection locale, à distance ou générale ». La pose de séparateurs, la pose de bagues et le débagueage sont susceptibles d'entraîner une manipulation de la gencive avec saignement, qui sont eux-mêmes susceptibles d'entraîner une bactériémie, et donc une infection (Erverdi *et al.* 1999, 2000; Lucas *et al.* 2002). D'autant plus que les appareils multi-attaches sont source de rétention de plaque et d'augmentation de la quantité bactérienne à l'intérieur de la cavité orale, provoquant chez la plupart des patients une gingivite (Ireland *et al.* 2014).

La prévalence de survenue d'une bactériémie suivant la mise en place de séparateurs, de bagues, ou le débagueage, est variable selon les auteurs (voir tableau ci-dessous). Cependant, elle n'a jamais été associée à la survenue d'une pathologie cardiaque infectieuse dans la littérature, et elle est la plupart du temps inférieure à celle susceptible de se produire lors du brossage dentaire quotidien (25% chez un patient porteur d'un multi-attache (Schlein *et al.* 1991)), qui lui-même n'est associé à aucun cas d'endocardite infectieuse rapporté dans la littérature. La survenue d'une bactériémie n'est donc pas systématiquement associée à la survenue d'une endocardite infectieuse. Malgré tout, elle peut être à risque pour les patients immunodéprimés, et elle est pathognomonique de l'endocardite infectieuse. Par précaution, il faudra donc éviter au maximum sa survenue. D'autant plus que les bactéries observées dans la circulation sanguine après la mise en place de

séparateurs, de bagues ou le débagueage (Erverdi *et al.* 1999, 2000; Lucas *et al.* 2002; Burden *et al.* 2004) sont fréquemment impliquées dans la survenue d'une endocardite, notamment les staphylocoques coagulase négative et la famille des streptocoques (McCartney 1992).

La prévalence de survenue des bactériémies est plus élevée lors de la mise en place des bagues que lors du débagueage selon la littérature (ce qui peut probablement être expliqué par la fusion du ciment dans le sulcus, ciment préalablement en contact avec les bactéries présentes sur la surface dentaire).

Les séparateurs, et notamment les séparateurs élastomériques, sont sources de rétention de plaque (Forsberg *et al.* 1991; McLaughlin *et al.* 1996). Il est possible que les forces occlusales appuyant sur le séparateur puissent créer un traumatisme de la gencive, entraînant alors une bactériémie. Ceci pourrait expliquer la bactériémie détectée en pré-opératoire de la mise en place des bagues chez certains sujets.

Auteur	Année et journal de publication	Actes concernés	% patients présentant une bactériémie détectée en postopératoire	Population étudiée	Population bactérienne identifiée	Remarques
Degling (Degling 1972)	1972 Angle Orthod	Baguage et débagueage	0	25 patients orthodontiques 12-24 ans	Non étudiée	Techniques Microbiologiques peu au point en 1972 ?
Mc Laughlin (McLaughlin <i>et al.</i> 1996)	1996 Am J Orthod Dentofacial Orthop (AJODO)	Baguage	10	30 adultes sains (20,4-33,2 ans) avec indice gingival et indice de plaque <1	Non étudiée	
Erverdi (Erverdi <i>et al.</i> 1999)	1999 AJODO	Baguage	7,5	40 patients sains avec une bonne hygiène (14,6-24,8 ans)	S. Sanguis S. Mitis	
Erverdi (Erverdi <i>et al.</i> 2000)	2000 Angle Orthod	Débagueage	6,6	30 patients 18,5-29 ans	S. Sanguis S. Mitis S. Salivarius	

Auteur	Année et journal de publication	Actes concernés	% patients présentant une bactériémie détectée en postopératoire	Population étudiée	Population bactérienne identifiée	Remarques
Erverdi (Erverdi <i>et al.</i> 2001)	2001 Angle Orthod	Baguage et débaguage	2,5	40 jeunes adultes avec indice de plaque et indice gingival faible	Non étudiée	Actes réalisés après administration d'un bain de bouche à la chlorhexidine 0,2%
Lucas (Lucas <i>et al.</i> 2002)	2002 Eur J Orthod	Pose de séparateurs	36	42 patients de moyenne d'âge 13,5 ans	S. gordonii S. sanguis S. salivarius S. vestibularis Staphylococci (coagulase négative)	Pose de bagues étudiée également : hausse du pourcentage de bactériémie après la pose non statistiquement significative
Burden (Burden <i>et al.</i> 2004)	2004 Eur J Orthod	Dépose de multi-attache dont quatre bagues molaires	13	30 patients de moyenne d'âge 17,8 ans	S. sanguis S. mitis S. constellatus S. mutans Veillonella Actinomyces	

Tableau 2 : principales études rapportées dans la littérature sur la mise en place de bagues et le débaguage et leurs conséquences sur la survenue d'une bactériémie

Lors de la mise en place des bagues et le débaguage, quelles précautions doit prendre le praticien ?

D'abord, il doit déterminer le risque du patient : il faut distinguer d'une part les patients sains chez qui une bactériémie suivant une manipulation de la gencive n'aura pas d'incidence clinique, et d'autre part les patients à risque chez qui une bactériémie peut être préjudiciable. Dans cette dernière catégorie, sont distingués : les patients immunodéprimés et les patients à haut risque d'endocardite infectieuse. Le patient immunodéprimé est selon les recommandations actuelles, un patient qui, en l'absence de critères objectifs, biologiques ou cliniques, permettant d'évaluer le risque infectieux, a été classé dans cette catégorie par le praticien en discussion avec les médecins concernés. Le patient à haut risque d'endocardite infectieuse est un patient présentant une cardiopathie définie comme étant à haut risque d'endocardite infectieuse, c'est-à-dire :

- Patient porteur d'une prothèse valvulaire (mécanique ou bioprothèse) ou d'un matériel étranger pour une chirurgie valvulaire conservatrice (anneau prothétique...)
- Antécédent d'endocardite infectieuse
- Cardiopathie congénitale cyanogène :
 - non opérée ou dérivation chirurgicale pulmonaire-systémique,
 - opérée, mais présentant un shunt résiduel,
 - opérée avec mise en place d'un matériel prothétique par voie chirurgicale ou transcutanée, sans fuite résiduelle, seulement dans les 6 mois suivant la mise en place,
 - opérée avec mise en place d'un matériel prothétique par voie chirurgicale ou transcutanée avec shunt résiduel. (AFFSAPS 2011)

Ensuite, il doit informer le patient.

- Education à l'hygiène orale : elle fait partie des recommandations et du devoir du professionnel de santé au même titre que la mise en œuvre des procédures d'hygiène et d'asepsie au cabinet. En effet, le pourcentage et la sévérité des bactériémies après manipulation de la gencive (quel que soit l'acte), sont directement liés à l'indice de plaque (Lockhart *et al.* 2009; Zhang *et al.* 2013; Umeh *et al.* 2016). L'inflammation a un impact direct sur la potentielle survenue d'une bactériémie. L'objectif sera donc de réduire au maximum le nombre de bactéries présentes dans la cavité buccale, non seulement avant l'acte invasif prévu au cabinet, mais aussi au quotidien. Le traitement ne pourra débuter tant qu'une bonne hygiène orale ne sera obtenue, et le patient devra s'engager à la maintenir tout au long du traitement (certains auteurs recommandent la signature d'un document en ce sens) (Vandersluis et Suri 2020).
- Education à la conduite à tenir en cas d'apparition de symptômes infectieux généraux à la suite d'un acte invasif : consultation chez son médecin, que l'acte ai été couvert ou non par une antibioprofylaxie.
- Information sur la prescription antibiotique en s'assurant de la pleine compréhension du patient (posologie et durée du traitement).
- Comme pour toute thérapeutique : notion de consentement éclairé (Conseil de l'Ordre 2014) : l'information doit être délivrée par le praticien qui réalise l'acte

médical. Elle doit permettre au patient de prendre la décision d'accepter ou de refuser le traitement, sachant que le praticien a un rôle de conseil et doit indiquer et expliquer sa préférence au patient. « L'information, tenant compte de santé connu du patient, doit porter sur son état bucco-dentaire et sur tous les types d'actes envisagés ou réalisés ». Par exemple pour la mise en place de bagues, il conviendra donc d'informer le patient sur ce qui motive le choix de la mise en place de bagues plutôt que d'attaches avec les avantages et les risques liés à la pose et à la dépose ainsi qu'à la pose de séparateurs si elle est envisagée ; il sera aussi discuté avec lui la balance bénéfice/risque de la prescription d'une antibioprofylaxie ; et le patient sera informé sur son état bucco-dentaire et l'importance d'une hygiène rigoureuse.

Les recommandations françaises liées à la prescription d'une antibioprofylaxie sont (AFFSAPS 2011) :

- Uniquement chez les patients à risque décrits ci-avant
- Selon l'acte invasif pratiqué (quel que soit le niveau de risque infectieux du patient, l'antibioprofylaxie n'est pas indiquée lors de la réalisation d'un acte non invasif)
- Elle est instaurée pour limiter un risque d'endocardite infectieuse ou pour limiter un risque d'infection locale et son extension éventuelle
- Chez le patient à haut risque d'endocardite infectieuse, pour tout acte dentaire impliquant une manipulation de la gencive
- Chez le patient immunodéprimé, selon la situation clinique
- Elle consiste en une prise unique dans l'heure qui précède l'acte : amoxicilline 2g chez l'adulte, 50mg/kg chez l'enfant (sans dépasser la dose adulte) ; en cas d'allergie ou d'intolérance aux β -lactamines, clindamycine : 600mg chez l'adulte, 20mg/kg chez l'enfant à partir de 6 ans (sans dépasser la dose adulte). »

Ce dernier communiqué de l'ANSM en 2011 concernant les antibiotiques en pratique bucco-dentaire insiste sur la fréquence peu élevée des situations nécessitant leur prescription et les risques liés à leur prescription abusive (augmentation de l'antibio-résistance). Il rappelle l'importance de l'hygiène orale pour laquelle le patient doit être éduqué de façon systématique et répétée et des règles d'hygiène et d'asepsie au cabinet, « inhérentes à toute pratique de soins ». Le clinicien doit donc avant la prescription d'antibiotiques évaluer la balance bénéfice/risque (quel est le bénéfice

pour le patient ? quel est le risque : pour le patient ? pour la collectivité ?). Le communiqué précise que le nombre d'études ayant un niveau de preuve selon les standards scientifiques actuels est faible dans le domaine de la prescription des antibiotiques en médecine bucco-dentaire, et que ces recommandations ne doivent pas se substituer au jugement clinique du praticien face aux situations individuelles. Cette même conclusion est aussi retrouvée dans la littérature internationale : en l'absence de consensus sur la conduite à tenir, c'est l'analyse de chaque situation qui doit guider le choix du praticien, en collaboration avec l'équipe médicale du patient (Costantinides *et al.* 2014). Selon une récente revue de la littérature, une antibioprophylaxie devrait être administrée pour la pose de bagues et pour le débagueage. Elle reste discutée avant la mise en place d'élastiques séparateurs (Vandersluis et Suri 2020).

En plus de l'administration d'un antibiotique, le rinçage de la cavité buccale avec un bain de bouche antiseptique à la chlorhexidine pourrait réduire l'incidence et la sévérité d'une bactériémie (Erverdi *et al.* 2001). La procédure usuelle est le rinçage avec une solution à la chlorhexidine 0,12 ou 0,2%, 1 à 2 minutes avant l'acte. Cette procédure a montré une diminution du pourcentage de bactériémie après baguage et débagueage, bien que cette diminution soit non statistiquement significative. Pour les patients pour qui le risque d'endocardite infectieuse est modéré, faible, ou inexistant, le bain de bouche préopératoire à la chlorhexidine peut être approprié pour diminuer la charge bactérienne avant pose de bagues ou débagueage.

Pour conclure, les données basées sur l' « evidence based medicine » concernant la relation entre orthodontie et endocardite infectieuse sont limitées (Vandersluis et Suri 2020). L'orthodontiste prendra soin de se rapprocher de l'équipe soignante du patient à risque et d'étudier le bénéfice/risque de chaque cas. Mieux encore, dès que possible, l'utilisation de tubes collés sera préférée au scellement de bagues, évitant alors tout traumatisme de la gencive. Si ceci ne peut être évité, il sera discuté la nécessité de mise en place d'une antibioprophylaxie avec le patient et l'équipe soignante. Il n'existe toujours pas de conclusion tranchée sur la nécessité ou non d'utiliser une antibioprophylaxie avant mise en place ou retrait des bagues ou mise en place d'élastiques séparateurs. La potentielle survenue d'effets indésirables et de développement de résistances bactériennes aux antibiotiques doit être prise en considération : il faudra évaluer le bénéfice/risque de la prescription d'antibiotiques

pour le patient et pour la communauté. L'utilisation d'un bain de bouche antiseptique avant les soins peut-être un bon compromis en complément d'une éducation à l'hygiène orale chez un patient à risque modéré, faible ou inexistant.

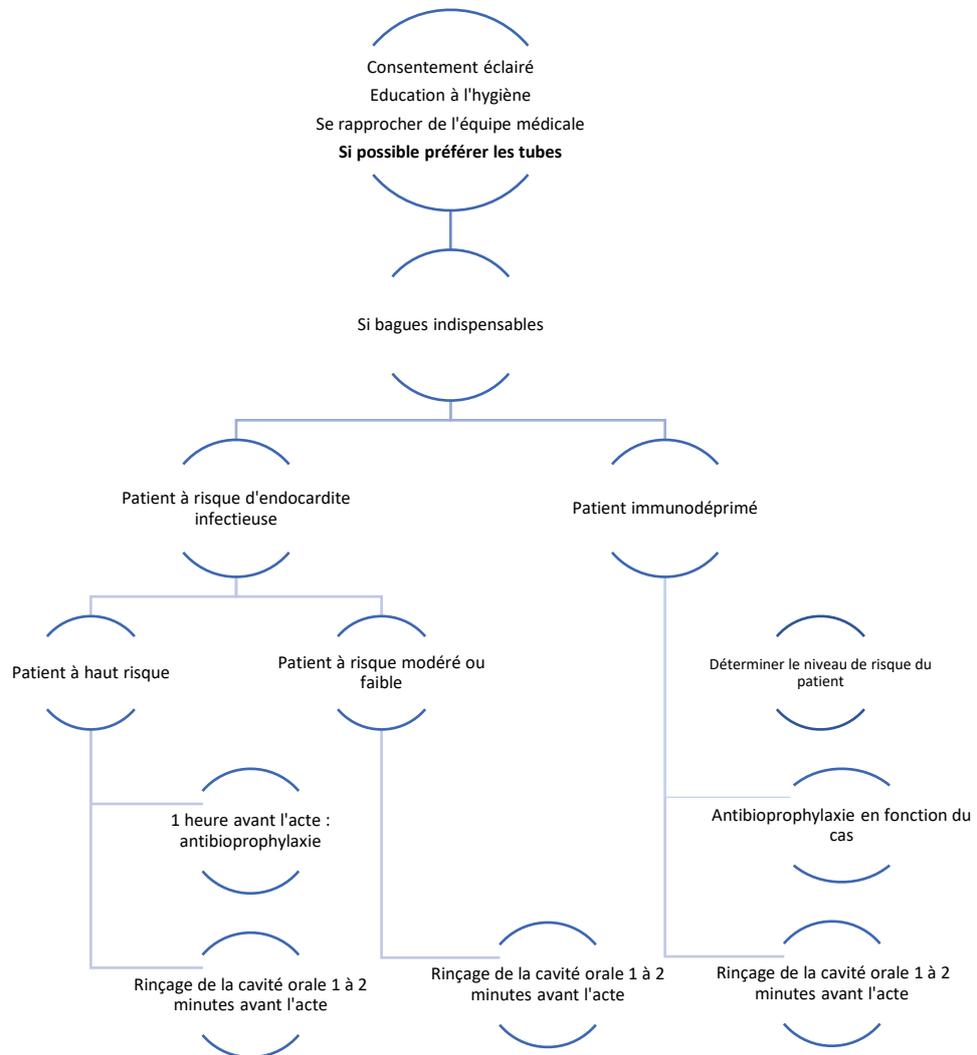


Figure 2 Conduite à tenir avant pose de bagues, pose d'élastiques séparateurs, débaguage, chez un patient à risque

2.3.3. Risque parodontal

Un bon alignement dentaire après un traitement orthodontique semble faciliter les manœuvres d'hygiène et donc la bonne santé du parodonte à long terme (l'hygiène orale des jeunes patients porteurs de multi-attache est meilleure que l'hygiène assurée par les enfants ayant une malocclusion (Baricevic *et al.* 2011)), bien que toutes les études ne valident pas une corrélation entre malocclusion et santé parodontale (Kessler 1976). Cependant, le traitement multi-attache peut aussi avoir des effets

négatifs sur le parodonte à travers d'une part l'irritation gingivale qu'il entraîne et d'autre part la difficulté de brossage liée à la multiplication des zones de rétention de plaque. De plus, le déplacement dentaire crée une zone de *turn-over* osseux adjacente à la dent qui pourrait augmenter le risque de perte d'attache à court terme (Davis *et al.* 2014).

Le risque parodontal est à prendre en compte avant, pendant et après le traitement orthodontique ; aussi bien chez le patient jeune que chez le patient adulte. Chez le jeune patient, il a été montré plus d'accumulation de plaque et d'inflammation gingivale que chez l'adulte (Boyd *et al.* 1989; Boyd et Baumrind 1992). Cependant, cette inflammation gingivale reste en général limitée à la gencive marginale et s'étend moins rapidement au parodonte profond comme cela peut être le cas chez les adultes, chez qui la formation osseuse qui compense la résorption provoquée par le déplacement dentaire est moins efficace que chez le jeune patient (Kessler 1976; Frapier et Massif 2016). Le potentiel destructeur d'une simple gingivite, même chez un patient jeune, doit être pris en considération par le praticien (car représente une parodontite potentielle). Même si, heureusement, la gingivite fréquemment observée chez les jeunes s'aggrave rarement en parodontite. Chez l'adulte, la parodontite chronique est la maladie parodontale la plus fréquente et est souvent le résultat de l'accumulation des facteurs de risque (Davis *et al.* 2014).

La fréquence et l'intensité de l'inflammation gingivale sont corrélées avec le degré d'hygiène orale : moins l'hygiène est bonne et plus l'inflammation gingivale est fréquente et sévère (Baricevic *et al.* 2011). Le facteur le plus important dans le processus de destruction parodontale aboutissant à la perte d'attache est la présence de plaque bactérienne au niveau de la gencive marginale. Cette présence de plaque est nécessaire et suffisante pour provoquer une maladie parodontale (Sinclair *et al.* 1987) : la prévention doit être centrée sur le contrôle de plaque (Zachrisson 1976). L'indice de plaque, étroitement lié à l'indice gingival, n'explique cependant pas toutes les inflammations. Chez certains patients avec une bonne hygiène, une inflammation est déclenchée par la seule présence du multi-attache et se résorbe spontanément à la dépose.

Bien que la plupart des études suggèrent que les changements observés sur le parodonte pendant le traitement orthodontique sont réversibles (Boyd *et al.* 1989; Gomes *et al.* 2007), d'autres ont montré une augmentation statistiquement significative

de la perte d'attache après traitement (Zachrisson et Alnaes 1973, 1974; Janson *et al.* 2003) , mais dans deux études sur les trois la perte d'attache était non significative au niveau des molaires.

La mise en place d'un appareil multi-attache en bouche augmente significativement les zones de rétention de plaque et notamment au niveau des molaires (Agrawal *et al.* 2016). L'indice gingival augmente rapidement après la mise en place de l'appareil et la plupart des enfants développent une gingivite hyperplasique 1 à 2 mois après la pose. Les dents postérieures et les zones interproximales sont les plus touchées. Ce phénomène persiste de façon relativement stable tout au long du traitement et décroît rapidement après la dépose (Zachrisson 1976; Agrawal *et al.* 2016) . Il peut être réduit avec une éducation rigoureuse à l'hygiène orale. La différence en termes d'accumulation de plaque au niveau d'une bague ou d'un tube est nulle (Sinclair *et al.* 1987). Une hypothèse avancée pour expliquer l'inflammation plus importante observée sur les molaires baguées est la position sous gingivale et la structure complexe des bagues : formées de plusieurs pièces de métal soudées entre elles, l'inflammation pourrait venir de la corrosion engendrée par cet assemblage (Boyd et Baumrind 1992; Kim *et al.* 2010; Corbacho de Melo *et al.* 2012).

En plus d'une augmentation quantitative de la présence bactérienne, la pose d'un appareil multi-attache est aussi suivie d'un changement qualitatif de la population microbiologique dans les trois premiers mois suivant le début du traitement, et ce quel que soit le type d'attachement utilisé (Lucchese *et al.* 2018). Selon une étude menée sur 190 adolescents porteurs d'un multi-attache (Thornberg *et al.* 2009), les bactéries parodonto-pathogènes sont augmentées pendant le traitement et retrouvent toutes leur taux prétraitement quelques mois après la dépose de l'appareil. Selon d'autres études, certaines bactéries pathogènes pour le parodonte et fortement associées à l'augmentation de la profondeur de poche et la parodontite chronique (*P. gingivalis*, *T. forsythia*, *E. nodatum* (Davis *et al.* 2014; Frapier et Massif 2016)), restent augmentées même après le traitement, que les molaires soient collées ou baguées (Liu *et al.* 2011; Ireland *et al.* 2014).

Seules des différences mineures ont été observées au niveau du microbiote sous-gingival entre une molaire baguée au-dessus de la gencive marginale, baguée en dessous de la gencive marginale, ou collée avec un tube (Kim *et al.* 2010). Aucune différence statistiquement significative n'a été observée en termes d'accumulation de

plaque entre les trois systèmes (on peut donc penser que l'inflammation provoquée par les bagues n'a pas pour origine la plaque dentaire), et aucune différence n'a été observée entre les bagues scellées au-dessus ou au-dessous de la gencive marginale, sauf la profondeur de poche qui est plus élevée quand les bagues se situent sous la gencive marginale (2,9mm contre 2,5mm de profondeur de poche moyenne autour d'une molaire baguée au-dessus de la gencive) (Kim *et al.* 2010). La position sous-gingivale des bagues a toutefois été observée comme facteur de risque augmentant l'indice gingival chez les adultes (derrière la présence de plaque) (Corbacho de Melo *et al.* 2012).

Les facteurs iatrogènes locaux font partie des facteurs aggravants de la maladie parodontale. Tous les facteurs de rétention nuisent au parodonte, car ils induisent une agression à la fois bactérienne et physique de l'espace biologique. Les bagues, plus volumineuses que les tubes et en contact direct avec la gencive marginale, semblent plus susceptibles d'enfreindre l'espace biologique (soit directement, soit indirectement par une fusée de ciment en compression), entraînant alors une rupture du système d'attache et une inflammation gingivale et à terme la formation d'une poche parodontale (Frapier et Massif 2016). Les tubes permettent un accès plus aisé à l'hygiène inter-proximale, mais ils sont aussi des zones à risque et notamment en cas d'excès de composite qui représente une zone à fort potentiel d'accumulation de plaque (Sukontapatipark *et al.* 2001). Les matériaux classiques de collage orthodontique montrent une accumulation de plaque à leur surface supérieure par rapport à une surface dentaire « nue » et saine (Badawi *et al.* 2003).

Les résultats sur l'augmentation de la profondeur de poches pendant le traitement sont différents selon les études, notamment au niveau postérieur et interproximal. Il existe, pendant le traitement, des différences statistiquement significatives de profondeur de poche et de saignement au sondage entre les molaires collées et les molaires baguées (0,4mm de profondeur de poche supplémentaire sur les molaires baguées que sur les molaires porteuses d'un tube ; 15,7% des dents porteuses d'un tube saignent au sondage contre environ 59% des dents porteuses d'une bague) (Kim *et al.* 2010). Une étude réalisée en bouche fractionnée chez des patients adolescents a montré des niveaux d'indice de plaque, d'indice gingival et de profondeur de poche supérieurs du côté où les deuxièmes molaires étaient baguées par rapport au côté où les molaires étaient collées. Chez tous les patients, une gingivite modérée a été observée 1 mois

après le début du traitement quel que soit le type d'attachement utilisé. Cependant, une fois l'appareil retiré, ces changements se sont montrés complètement réversibles dans tous les secteurs (Alexander 1991). D'après une autre étude, il n'existe pas de différence en termes de profondeur de poche entre molaire baguée ou non baguée (Gomes *et al.* 2007) (en revanche la profondeur de poche était statistiquement plus élevée au niveau des molaires que des canines). Quoiqu'il en soit, il semblerait que l'augmentation de la profondeur de poches soit le plus souvent liée à la formation de pseudo-poches liée à l'hyperplasie gingivale provoquée par l'appareil et/ou la plaque dentaire, et qui se résorbe après la dépose (Davis *et al.* 2014; Agrawal *et al.* 2016). La différence en termes de profondeur de poches parodontales un an après traitement est nulle entre un tube et une bague (Ireland *et al.* 2014).

La perte d'attache peut être le résultat indirect des effets parodonto-pathogènes des bactéries présentes dans la plaque accumulée, ou le résultat du mouvement dentaire lui-même (Davis *et al.* 2014). Une étude radiographique de la hauteur d'os de patients traités en multi-attache montre une perte osseuse statistiquement (bien que faiblement) supérieure au niveau des premières molaires maxillaires et mandibulaires des patients traités par rapport aux patients non traités, mais ce avec une grande variabilité interindividuelle, et avec un impact clinique non significatif (Zachrisson et Alnaes 1974). Selon une étude de Boyd et Baumrind (Boyd et Baumrind 1992), l'utilisation de bagues sur les molaires a montré une accumulation de plaque et une inflammation supérieure par rapport au collage de tubes, aussi bien chez les enfants que chez les adultes. Les molaires maxillaires baguées présentent plus de perte d'attache interproximale pendant le traitement que les molaires collées. Les auteurs concluent que d'un point de vue parodontal, que ce soit chez l'adolescent ou l'adulte, le collage d'un tube offre de meilleures conditions parodontales que le scellement d'une bague sur les molaires. Dans la plupart des études, l'augmentation de la perte d'attache pendant le traitement orthodontique est statistiquement non significative (Zachrisson et Alnaes 1973; Sinclair *et al.* 1987; Davis *et al.* 2014). Selon une étude systématique de la littérature (Bollen *et al.* 2008), l'orthodontie est associée en moyenne à 0,03mm de récession gingivale, 0,13mm de perte osseuse alvéolaire et 0,23mm d'augmentation de profondeur de poche comparée à l'absence de traitement. Ces résultats nous permettent de conclure que l'orthodontie n'a pas d'effet délétère

cliniquement significatif sur le parodonte, d'autant plus que les effets de l'orthodontie sur la gingivite et la perte d'attache se sont révélés inconstants.

Cas particulier : l'oubli d'un élastique séparateur qui se serait glissé sous la gencive marginale pendant la période de séparation précédant la pose de bagues peut provoquer une destruction sévère du parodonte adjacent à l'élastique. Le praticien doit donc être très vigilant et rechercher activement la présence éventuelle du séparateur sous la gencive marginale quand celui-ci n'est plus présent dans l'espace interproximal sus-gingival (Al-Qutub 2012; Nettem *et al.* 2012).



*Figure 3 Radiographie intra-orale objectivant une perte osseuse importante à l'endroit où un élastique séparateur a été oublié (entre la 1ère et la deuxième molaires) (Nettem *et al.* 2012)*

En conclusion, l'appareil multi-attache représente une augmentation inévitable des zones de rétention de plaque et donc de l'inflammation gingivale. Les changements microbiologiques et cliniques observés au niveau du parodonte sont la plupart du temps transitoires et étant donnée l'hétérogénéité des résultats des études, il ne peut être conclu que le traitement orthodontique soit coupable à lui seul de la perte d'attache qui peut être observée après un traitement. En revanche, il existe de grandes variations inter-individuelles et chez certains patients à risque le traitement orthodontique peut entraîner une perte d'attache significative qui peut être préjudiciable pour la santé parodontale à long terme (Davis *et al.* 2014) ; et notamment

au niveau des molaires, qui sont moins accessibles au brossage que les dents antérieures. L'orthodontiste focalisera son attention sur l'éducation à l'hygiène orale plus que sur le type d'attachement utilisé. La mise en place de bagues comme de tubes est possible chez le patient à risque. Le praticien veillera toute fois à l'élimination consciencieuse des excès de colle ou de ciment et au placement des attaches qui se fera au-dessus de la gencive marginale, à distance de l'espace biologique.

Avantages et inconvénients	Tube	Bague
Accumulation de plaque	↗ en quantité	↗ en quantité ⚠ éviter position sous gingivale
Changement qualitatif de la population bactérienne	↗ bactéries parodontopathogènes	↗ bactéries parodontopathogènes
Facteurs de risque	Excès de colle	Fusée de ciment, bague volumineuse
Indice de plaque	↗	↗ ++
Indice gingival	↗	↗ ++
Profondeur de poches	↗	↗ ++
Caractère réversible des changements	Oui	Oui
Conclusion	Préférable	Plus à risque

Tableau 3 Avantages et inconvénients des bagues et des tubes en termes de risque parodontal

2.3.4. Risque carieux

Les caries font partie des effets indésirables les plus fréquents d'un traitement multi-attache (jusqu'à 97% des patients à la dépose, avec en moyenne 30% des surfaces vestibulaires atteintes (Boersma *et al.* 2005)), et peuvent avoir des effets néfastes à long terme sur l'esthétique et le pronostic carieux. Douze ans après dépose de l'appareil, les zones de déminéralisation acquises pendant le traitement persistent (Shungin *et al.* 2010) : la majorité des lésions acquises pendant le traitement restent stables, environ un tiers régresse vers une reminéralisation partielle, et très peu sont

réversibles jusqu'à disparaître totalement (Mattousch *et al.* 2007; van der Veen *et al.* 2007). La prévention doit donc s'exercer au maximum avant et pendant le traitement, pour éviter l'apparition de ces lésions. Le multi-attache augmente les zones de rétention de plaque, et les zones habituellement soumises à l'auto-nettoyage par les joues, les lèvres et la langue ne sont plus accessibles et deviennent alors sujettes à l'attaque carieuse, qui peut être très rapide (4 semaines après la pose (Ogaard *et al.* 1988)). Les dents postérieures sont les plus à risque (Boersma *et al.* 2005).

Lorsqu'un déséquilibre de la balance entre déminéralisation et reminéralisation de l'émail survient, l'apparition d'une infection bactérienne est favorisée. Si le pH normal n'est pas rétabli, cette infection peut rapidement entraîner la formation de white spot. C'est un phénomène infini, alternant entre périodes de déminéralisation et de reminéralisation, dépendant de l'écosystème oral en termes d'accumulation et de rétention de plaque sur les surfaces dentaires, l'hygiène orale du patient, et la résistance propre de l'hôte. Un white spot est le précurseur d'une carie « franche » de l'émail. Son apparence blanchâtre est due à un phénomène optique causé par la perte minérale dans la surface ou sub-surface de l'émail (Sudjalim *et al.* 2006).

Les déminéralisations après traitement peuvent correspondre aussi bien à des zones localisées de déminéralisation réversible qu'à des caries irréversibles. La classification ICDAS (International Caries Detection and Assessment System) est la plus utilisée pour décrire les caries cliniquement. Elle a été développée pour définir les caries par l'observation visuelle, dès les premiers stades de l'atteinte (lésion de déminéralisation non cavitaire), afin de définir un pronostic et une prise en charge adaptée (Ismail *et al.* 2007; Beerens *et al.* 2015). Les lésions non cavitaires (jusqu'au stade 3 inclus) peuvent être réversibles : la modification ou l'abandon des facteurs aggravants (mauvaise hygiène, mauvaise alimentation, présence du multi-attache) et la valorisation de facteurs protecteurs tel que l'apport en ions fluorures, essentiellement par voie topique, peut conduire à une inversion du processus carieux (Featherstone 1999; Sudjalim *et al.* 2006; Bail, Guillaume 2012).

Code	Description
0	Pas de changement amélaire, surface dentaire saine
1	Premier changement visuel amélaire (white spot ou brown spot)
2	Changement visuel distinct sans séchage (white spot ou brown spot)
3	Fracture amélaire localisée, sans signe d'atteinte dentinaire
4	Ombre dentinaire avec ou sans rupture localisée de l'émail
5	Cavité avec dentine visible
6	Cavité étendue avec large visibilité de la dentine

Tableau 4 Classification ICDAS : reconnaître cliniquement les différents stades (Ismail et al. 2007; Beerens et al. 2015)

Parmi les facteurs de risque de développement de ces lésions on trouve : la présence de plaque, qui, quand elle augmente, augmente le risque carieux (Ghiz et al. 2009) ; le jeune âge (du fait de la moindre habilité au brossage et de l'immaturité de l'émail (Uysal et al. 2010)) ; le temps et la surface de mordançage (Knösel et al. 2015) ; la présence de restaurations sur les molaires. Le risque carieux individuel est multifactoriel et joue un rôle important (quantité et qualité de la salive, solubilité de l'émail, réponse immunitaire, habitudes alimentaires...) (Heymann et Grauer 2013). Avant la pose de l'appareil, il doit être déterminé si le patient est à haut risque ou faible risque de développer des caries (Cruz et Edelstein 2016).

Risque carieux individuel faible	Haut risque carieux individuel
Pas de déminéralisation	Présence de déminéralisations
Bonne hygiène	Mauvaise hygiène
Régime pauvre en sucre	Régime riche en sucre
Traitement court	Traitement long
Temps de mordançage contrôlé	Mordançage long
Appareil lingual	Appareil vestibulaire
Indice CAO nul ou faible (dent C=cariée, A=absente, O=obturée)	Indice CAO élevé

Tableau 5 Facteurs de risque de déminéralisations en cours de traitement orthodontique (si un patient présente deux facteurs à haut risque ou plus il sera classifié comme patient à risque)(Heymann et Grauer 2013)

Les *S. mutans* et *Lactobacilli* sont les premiers agents bactériens responsables de la pathologie carieuse. Les *S. mutans* initient leur formation et les *Lactobacilli* assurent leur développement. Il a été montré que la présence de bactéries cariogènes dans la plaque est plus élevée chez les patients porteurs d'un multi-attache par rapport à des patients non orthodontiques, résultant en une augmentation du risque carieux (Lundström et Krasse 1987b). Les changements provoqués par le multi-attache dans l'écosystème oral (diminution du pH salivaire, augmentation des zones de rétention de plaque, augmentation de la rétention de débris alimentaires) augmentent notamment la proportion salivaire de *S. mutans* (Scheie *et al.* 1984; Lundström et Krasse 1987a; Sinclair *et al.* 1987; Boersma *et al.* 2005). Ces changements peuvent être responsables (en partie) des lésions blanches de déminéralisation observées chez certains patients.

La mesure de prévention la plus importante consiste en l'éducation à l'hygiène. Il faut notamment insister sur le brossage biquotidien des zones se situant entre l'attache et la gencive marginale car elles constituent les zones majeures de rétention de plaque (Heymann et Grauer 2013).

La présence d'ions fluorures est aussi un facteur protecteur très important, délivrés fréquemment au niveau des surfaces dentaires ils sont capables d'inverser la balance et d'empêcher la déminéralisation et/ou de favoriser la reminéralisation. La voie systémique n'apporte pas un bénéfice anti-carie suffisant, l'apport se fera donc par voie topique (Featherstone 1999). L'incorporation de fluorures dans les matériaux est basée sur le principe de relargage graduel d'ions fluorures par le matériau placé *in vivo*, apportant ainsi un effet anti-carie supposé de longue durée. Cet effet est dû en premier lieu aux changements de solubilité du tissu amélaire. Les ions fluorures sont susceptibles d'être intégrés dans la structure cristalline de l'émail, prenant la place des groupes hydroxy pour former des cristaux de fluorapatite ou hydroxyfluorapatite, plus résistants à de futures déminéralisations. La formation de fluorure de calcium est le principal produit obtenu après traitement topique au fluor de la surface amélaire, et il joue un rôle cario-statique majeur. Il peut subsister plusieurs semaines à la surface de l'émail, et participer à la formation de fluorapatite lors des cycles de déminéralisation (Sudjalim *et al.* 2006; Cury *et al.* 2016). Même si ce n'est pas leur propriété principale, les ions fluorures sont aussi supposés participer à une activité antibactérienne des matériaux, avec un effet bactériostatique sur *S. mutans* (Matalon *et al.* 2005). Pendant

le traitement orthodontique, ils peuvent être administrés de différentes façons : dentifrice, bain de bouche, gel et vernis, adhésifs, ciments.

L'utilisation de gels, vernis, adhésifs et ciments, peut être contrôlée par le praticien qui peut alors s'affranchir en partie de la coopération du patient. Nous nous intéresserons particulièrement aux matériaux d'assemblage.

De nombreux matériaux de collage et de scellement ont été développés pour lutter contre l'activité bactérienne, mais tous n'ont pas la même force d'adhésion (Wang *et al.* 2014). Chez le patient à risque carieux élevé ils pourront être utilisés à condition de présenter une force de collage suffisante.

- Collage

Plusieurs étapes du collage peuvent avoir une influence sur la cario-protection et tous les produits entrant en jeu dans le processus peuvent être modifiés pour limiter la déminéralisation autour de l'attache : le mordançage, l'adhésif et la colle à proprement parler.

Le mordançage sera réalisé après nettoyage soigneux de la surface amélaire avec une brosse (Hitmi *et al.* 2002) ou une cupule en caoutchouc (Hosein *et al.* 2004), dans le but de retirer la pellicule exogène acquise de la surface amélaire, et ce afin d'augmenter la réactivité des surfaces dentaires et donc leur mouillabilité. Le mordançage à l'acide orthophosphorique est la technique historique pour la préparation de la surface amélaire (Cueto et Buonocore 1967; Zero 2013). Aujourd'hui il est utilisé à des concentrations de 35 à 37% pendant 15 à 30 secondes pour obtenir la formation de brides résineuses optimales dans l'émail préparé, sans l'altérer inutilement (Sadowsky *et al.* 1990; Hitmi *et al.* 2002). C'est une technique qui peut être agressive puisqu'elle peut entraîner une perte de la couche amélaire superficielle pouvant atteindre 8 à 15µm (Silverstone *et al.* 1975). Il n'y a pas de perte minérale observée sur un émail mordancé à l'acide orthophosphorique à 37% pendant 30 secondes (Benson *et al.* 2003). L'utilisation de l'acide orthophosphorique à 37% pendant 15 secondes sur les molaires n'augmente pas la susceptibilité de l'émail à de futures déminéralisations (Abufarwa *et al.* 2018). Par contre, il faudra veiller à mordancer uniquement la surface qui sera collée, car les sites amélaire préparés mais non recouverts par du matériau de collage, sont susceptibles d'accroître la

rétenion de plaque, et donc le risque d'apparition de lésions amélares blanchâtres (Knösel *et al.* 2015).

Les adhésifs auto-mordançants ont été développés (entre autres) pour minimiser la déminéralisation provoquée par le mordançage, tentant d'éviter les dommages potentiels de cette déminéralisation pendant et après le traitement (diminution du risque carieux et diminution du risque iatrogène sur l'émail au débaguage) grâce à leur pH moins acide que l'acide orthophosphorique. En réalité ils semblent être équivalents à la technique « mordançage, rinçage, adhésif » classique en termes de résistance à la déminéralisation mais avec un niveau de preuve relativement faible (Hu *et al.* 2013). Cela dit, ils trouvent aujourd'hui un avantage certain grâce à la réduction des émissions d'aérosols permise par l'absence de rinçage.

Le mordançage à l'acide, provoquant une déminéralisation amélaire inévitable, a conduit les chercheurs à essayer de nouvelles techniques de préparation amélaire. Par exemple, l'utilisation d'un laser Er : Yag a montré une moindre déminéralisation amélaire qu'avec un mordançage à l'acide orthophosphorique (Lasmar *et al.* 2012). Cette différence est faible et peu significative et la force de collage obtenue est moindre, la technique reste controversée.

Outre un adhésif classique après mordançage ou les solutions auto-mordançantes, l'utilisation d'adhésifs mixés à des agents antibactériens a été décrit dans la littérature, ainsi que l'utilisation de vernis protecteurs, utilisés avant ou après l'application de l'adhésif.

Les traitements à la chlorhexidine en gel ont été montrés comme inhibiteurs des *S. mutans* en réduisant significativement leur nombre (Lundström et Krasse 1987b). L'utilisation de vernis à la chlorhexidine à 10 et 20% 1 mois avant la pose du multi-attache a également démontré son efficacité sur la diminution des *S. mutans*, et ce jusqu'à 7 mois après son application (Sandham *et al.* 1992).

Une étude menée sur la force de collage des attaches collées avec un mélange d'adhésif hydrophile (Transbond™ MIP, 3M, Monrovia, USA) avec différentes solutions antibactériennes (un bain de bouche et deux vernis à la chlorhexidine), suivi de l'application d'un composite de collage (Transbond™ XT, 3M, Monrovia, USA),

conclue à une force de collage diminuée quand l'adhésif est mixé au bain de bouche et pour un des deux vernis utilisés (Karaman et Uysal 2004).

Certains auteurs de la littérature ont décrit l'effet sur la force de collage de plusieurs méthodes d'intégration de vernis ou de pâte prophylactique à la chlorhexidine, dans le protocole de collage. Ils ont conclu que l'application de chlorhexidine pendant le collage (soit sur la surface amélaire mordancée soit au-dessus de l'adhésif) diminuait significativement la force de collage, contre-indiquant leur utilisation de cette manière. En revanche, il a été observé que l'application d'un supplément à la chlorhexidine après ou avant le collage, ou mixé à l'adhésif, n'altérait pas la force du collage (Bishara *et al.* 1998).

Avec une résine composite, il peut être intéressant d'utiliser un vernis fluoré appliqué autour de l'attache tous les trois mois pour diminuer le risque de déminéralisation (Sudjalim *et al.* 2006).

L'utilisation de CPP-ACP (Phosphopeptine caséine – phosphate de calcium amorphe) a été décrite dans la littérature comme agent anti-carie. Il permet de diminuer la profondeur des lésions autour de l'attache indépendamment de l'assiduité au brossage (contrairement au vernis fluoré) (Pithon *et al.* 2015). Cependant l'utilisation d'une pâte CPP-ACP (Mi Paste™, GC Europe, Leuven, Belgique) avant collage orthodontique a été montrée comme néfaste pour la force de collage, contrairement à sa version fluorée (Mi Paste Plus™, GC Europe, Leuven, Belgique) (Cehreli *et al.* 2005).

Pour assurer une exposition aux ions fluorures constante et indépendante de la compliance du patient, des agents de collage relarguant ces ions ont été développés. A la fin des années 1980s, les ciments à base de verre-ionomères ont été proposés comme alternative aux agents de collage traditionnels. Leurs principaux avantages : éviter le pré-traitement amélaire à l'acide orthophosphorique, relarguer des ions fluorures pendant plusieurs mois et éventuellement permettre le développement d'une flore moins cariogénique en exerçant une activité antibactérienne sur *S. mutans*. Cependant, une diminution significative de leur résistance à la traction et au cisaillement comparés aux résines composites a été observée, limitant leur utilisation clinique (Sudjalim *et al.* 2006).

Les études in vitro concernant la force de collage sur un émail traité avec un produit fluoré ont montré des résultats favorables. Une étude portant sur l'effet de l'application d'un vernis fluoré (Ortho Coat™, Pulpdent, Watertown, USA) sur la résistance à la traction après collage avec un système auto-mordançant (Transbond™ Plus, 3M, Monrovia, USA ; puis Transbond™ XT, 3M, Monrovia, USA) et un adhésif antimicrobien relargant des ions fluorures (Clearfil Protect Bond™, Kuraray Medical, Osaka, Japon ; puis Transbond XT™, 3M, Monrovia, USA) n'a montré aucune différence statistiquement significative après pré-traitement avec un vernis fluoré en termes de force de collage (Tuncer *et al.* 2009). De même l'application de phosphopeptide de caséine-phosphate de calcium amorphe (CPP-ACP) dans sa version fluorée (MI Paste Plus™, GC Europe, Leuven, Belgique) n'affecte pas la résistance à la traction in vitro (Cehreli *et al.* 2012).

Une diminution statistiquement significative de la perte minérale et de la profondeur des lésions avec un CVIMAR (Fuji Ortho LC™, GC, Tokyo, Japon) et un prétraitement à l'acide polyacrylique à 10% a été démontrée in vitro (Paschos *et al.* 2009). Malheureusement, cette combinaison est insuffisante en termes de résistance mécanique (Hitmi *et al.* 2002; Decrucq *et al.* 2009). Même si certaines résines composites contiennent des ions fluorures, la quantité relarguée est faible et n'a pour ainsi dire aucun effet sur le processus carieux (Ewoldsen et Demke 2001). En revanche, il semblerait que l'utilisation de CVIMAR pour coller un tube molaire permette une réduction de plus de 50% de la profondeur des déminéralisations par rapport à l'utilisation d'une résine composite. De plus, l'utilisation d'un vernis fluoré en complément du collage avec un CVIMAR ne montre aucune différence statistiquement significative en termes de déminéralisation : en termes de matériaux utilisés, le CVIMAR comme agent de collage est suffisant pour assurer une augmentation de la résistance à la carie (Schmit *et al.* 2002).

Une revue de la littérature de 2010 (Rogers *et al.* 2010) sur les matériaux de collage ou scellement contenant des ions fluorés et les décalcifications observées chez les patients porteurs d'appareils fixes, a conclu qu'il est impossible d'émettre des recommandations sur l'utilisation d'un matériau contenant des ions fluorures pour le collage du multi-attache. Toutefois, elle suggère que les ciments à base de verre-ionomères (CVI) sont plus efficaces que les résines composites pour prévenir l'apparition de lésions blanches. En effet, la nature aqueuse des CVI permet aux ions

fluorures aussi bien d'être relargués qu'à nouveau incorporés dans le matériau, alors que la matrice des résines composites est moins hydrophile et la quantité de fluor incorporée au matériau est relarguée dans une moindre mesure.

L'utilisation d'ions fluorures dans les matériaux de collage est aujourd'hui largement répandue. Cependant, son efficacité manque de preuve à haut niveau dans la littérature (Rogers *et al.* 2010). La quantité d'ions relarguée par le matériau dans le microenvironnement proche de l'attache *in vivo* n'est pas bien définie pour la plupart des nouveaux matériaux orthodontiques. La composition du matériau ne reflète pas le taux de dissolution assurée dans l'environnement buccal.

De plus, l'activité antibactérienne des matériaux de collage fluorés est limitée dans le temps, et un mois après leur mise en place cette activité est nulle (Matalon *et al.* 2005). Egalement, même les CVI montrent une accumulation de plaque supérieure à leur surface par rapport à la surface amélaire (bien que cette plaque ne contienne pas des niveaux supérieurs de *S. mutans*) (Badawi *et al.* 2003).

Enfin, l'activité antibactérienne d'un matériau n'est pas entièrement corrélée à la quantité d'ions fluorures qu'elle contient et d'autres composantes sont à prendre en compte (Matalon *et al.* 2005).

C'est pourquoi les scientifiques tentent de développer d'autres combinaisons pour lutter contre l'activité cariogénique.

Une étude de la littérature a montré que l'incorporation à 0,1% de nanoparticules d'argent dans un CVIMAR réduit la formation de biofilm autour de l'attache et l'activité bactérienne y compris à distance, et pourrait ainsi diminuer le risque de déminéralisation sans altérer la force de collage (Wang *et al.* 2015).

Une autre étude dresse les mêmes conclusions quant à l'ajout de nanoparticules d'argent dans un ciment verre ionomère, à condition d'utiliser les nanoparticules d'argent à 0,1 ou 0,5% de la composition (plus la concentration est élevée plus l'effet antibactérien augmente mais au-delà les propriétés mécaniques du ciment diminuent) et d'ajuster le système initiateur de la polymérisation (addition de peroxyde de benzoyle et de p-Tolylimino diethanol) (Moreira *et al.* 2015). En effet, les nanoparticules d'argent interfèrent avec la polymérisation et par conséquent diminuent les propriétés mécaniques du ciment. Cette étude conclue également que la

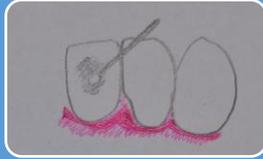
biocompatibilité de ces nouveaux matériaux est comparable aux matériaux classiques de collage.

L'addition de MPC à 3% (2-méthacryloyloxyéthyl phosphorylcholine, agent anti-protéinique qui inhibe l'adhésion de protéines sur la surface et donc réduit l'attachement des bactéries et la production d'acide), en plus de l'addition de nanoparticules d'argent à 0,1%, dans un CVIMAR, diminue significativement l'activité bactérienne (plus qu'en utilisant chaque composé séparément), et ce sans altérer la force de collage du CVIMAR. Il représente un matériau prometteur pour lutter contre les déminéralisations post-orthodontiques (Zhang *et al.* 2015).

Une fois placés dans l'environnement oral, les appareillages et matériaux de collage ainsi que l'émail à leur proximité, se recouvrent d'une pellicule salivaire contenant des protéines. Ces protéines servent de récepteurs à la colonisation bactérienne primaire puis à la formation du biofilm.

Un ciment CVIMAR testé récemment, enrichi en matériaux anti-adhésion protéinique, montre une diminution significative de la déminéralisation amélaire autour des attaches, avec des lésions moins profondes et un émail plus résistant à l'attaque acide par rapport à un CVIMAR classique, et ce sans altérer la force de collage (MPC, diméthylaminohexadécyl méthacrylate, et des nanoparticules de calcium phosphate amorphe) (Ma *et al.* 2017).

Un matériau capable de se recharger en fluorure et contenant d'autres composants antibactériens pourrait étendre la durée de l'activité antibactérienne à tout le traitement orthodontique et donc participer de façon importante à la prévention des white spot autour des appareils orthodontiques.



1 mois avant

- Vernis chlorhexidine 10 ou 20% OU
 - Vernis fluoré OU
- CPP-ACP fluorée (Mi Paste Plus GC™)



Nettoyage de la surface

- Brossette OU
- Cupule en caoutchouc



Mordançage

- H3PO4 35-37% 15 à 30 secondes OU
 - SAM
- ⚠ limiter la zone mordançée à l'emplacement de l'attache



Adhésif

- Si mordançage H3PO4 35-37%
- Préférer l'adhésif seul sans mixer avec des agents antibactériens



Colle

- CVIMAR+++
- Résine composite
- Eliminer les excès avant photopolymérisation !

Figure 4 Bonnes pratiques de collage pour limiter le risque carieux tout en conservant une bonne résistance au collage. Source des images : documents personnels

- Scellement

Les bagues sont perçues comme plus à risque d'un point de vue carieux que les tubes parce que théoriquement plus rétentives de plaque du fait de leur surface et structure plus complexe. L'accessibilité à la zone inter-proximale permise par un tube permet une détection plus précoce des caries proximales pendant le traitement d'orthodontie (Graber *et al.* 2016). De plus, une rupture du ciment, une bague mal adaptée et/ou la solubilité du ciment peuvent ajouter un risque supplémentaire (Foley *et al.* 2002). Cependant, il faut aussi être vigilant quant à l'accumulation de plaque autour d'un tube : la multiplication bactérienne est augmentée sur le composite de collage, et une accumulation importante de bactéries autour du tube est observée en cas d'excès de

colle non éliminés (Sukontapatipark *et al.* 2001). A l'inverse, les ciments verre-ionomères et le compomère qui peuvent être utilisés préférentiellement pour sceller une bague ont un effet plutôt antibactérien (Auschill *et al.* 2002; Chau *et al.* 2015) et les zones de déminéralisation sont significativement réduites en utilisant un matériau à base de CVI ou un compomère plutôt qu'une colle acrylique (Millett *et al.* 2000; Pascotto *et al.* 2004; Shungin *et al.* 2010), grâce aux ions fluorures relargués. Cependant cette diminution est faible et n'est pas retrouvée dans toutes les études (Benson *et al.* 2013). Quoiqu'il en soit, quel que soit le type de colle utilisée, il est indispensable d'éliminer les débordements avant la prise pour qu'ils ne constituent pas un facteur de rétention de plaque.

Le scellement ne nécessite que rarement la préparation de l'émail, la propriété mise en jeu pour le maintien des bagues en bouche étant essentiellement la rétention mécanique de la bague sur la dent par l'intermédiaire du ciment. Ici nous nous intéresserons uniquement aux différents types de ciments.

Comme pour le collage, de nombreux produits ont été expérimentés pour ajouter aux ciments traditionnels une composante anti-bactérienne. En plus du risque associé à une augmentation de la rétention de plaque liée à la présence de la bague, une rupture du ciment (liée à une bague mal adaptée et/ou des propriétés physiques insuffisantes du matériau de scellement), ou une solubilisation du ciment, peuvent ajouter un risque de déminéralisation amélaire (Foley *et al.* 2002). La prévention de l'apparition de déminéralisations suivant la mise en place des bagues peut être facilitée par l'utilisation de ciments relarguant des ions fluorures, mais elle n'a jamais été quantifiée. De plus, ces ciments ne préviennent pas l'apparition de lésions sous une bague descellée ou à l'endroit où du matériau serait manquant (Rezk-Lega *et al.* 1991). On cherchera donc un ciment à la fois antibactérien et résistant au descellement.

En comparaison à un ciment à base de phosphate de zinc et un ciment polycarboxylate (les ciments « historiques » pour le scellement des bagues en orthodontie), ou à un compomère (matériau développé plus récemment pour allier la résistance d'un composite à l'addition d'ions fluorures), il a été montré *in vitro* un taux de déminéralisation significativement plus faible en utilisant des CVIMAR. Cliniquement, ce type de ciment serait à préférer pour le scellement des bagues en termes de protection carieuse. Bien qu'offrant une moindre résistance à la déminéralisation qu'un CVI classique (Prabhavathi *et al.* 2015), ils constituent actuellement le meilleur

compromis entre résistance mécanique apportée par la composante résineuse, et résistance à la déminéralisation permise par leur adhésion chimique et le relargage d'ions fluorures (Foley *et al.* 2002). Les CVI classiques, bien que n'ayant pas montré une résistance au descellement supérieure par rapport aux ciments « historiques », présentent une propriété intéressante pour lutter contre la déminéralisation en cas de descellement de la bague : contrairement aux deux ciments à base de phosphate de zinc et polycarboxylate, la zone de fracture se situe le plus souvent à l'interface ciment/bague, laissant une couche protectrice de ciment sur l'émail (Norris *et al.* 1986).

L'addition de chlorhexidine à 10 et 18% dans un ciment verre-ionomère traditionnel a également montré une inhibition significative de l'activité de *S. mutans* sans pour autant modifier les propriétés mécaniques du ciment (Millett *et al.* 2005; Farret *et al.* 2011), de même que de nouveaux matériaux incluant des nanoparticules ou des monomères anti adhésion protéinique cités dans les paragraphes précédents (Moreira *et al.* 2015; Wang *et al.* 2015; Zhang *et al.* 2015; Ma *et al.* 2017).



Nettoyage de la surface

- Brossette OU
- Cupule en caoutchouc



Choix de la taille de la bague

- Au plus proche de la taille de la dent



Mise en place du matériau de scellement

- CVIMAR+++ OU
- CVI + chlorhexidine 10-18%
- Eliminer soigneusement les excès



Surveiller l'absence de descellement à chaque rendez-vous

Figure 5 Bonnes pratiques de scellement d'une bague pour limiter le risque carieux tout en conservant une bonne résistance au descellement. Source des images : documents personnels

- Collage ou scellement : que choisir en termes de risque carieux ?

Une revue Cochrane de 2017 conclue qu'il y a moins de déminéralisation avec une bague scellée au CVI qu'avec un tube collé avec une colle photo-polymérisable, même si d'autres études devraient être menées pour confirmer cette conclusion (Millett et al. 2017). En effet, 64% des patients porteurs de tubes sur les molaires présentent des décalcifications contre 36% des patients porteurs de bagues (Nazir *et al.* 2011).

Chez un patient à risque carieux élevé, le scellement des molaires avec des bague et un CVI ou CVIMAR peut être une mesure de prévention complémentaire aux autres mesures conseillées (éducation à l'hygiène et utilisation de vernis fluoré toutes les six semaines (Benson *et al.* 2013)).

Cependant, il faudra être très attentif à la rétention des bagues pendant le traitement. Si leur descellement passe inaperçu, il peut entraîner la formation d'une carie circulaire autour de la molaire concernée.

Avantages et inconvénients	Tube	Bague
Changement qualitatif de la population bactérienne	☒ bactéries cariogènes	☒ bactéries cariogènes
Patients porteurs de déminéralisation	64%	36%
Facteurs de risque	Excès de colle	Fusée de ciment, bague volumineuse
Conclusion	Plus à risque	Préférable

Tableau 6 Avantages et inconvénients des bagues et des tubes en termes de risque carieux

2.3.5. Anomalies de structure dentaire

Les anomalies de structure rencontrées sont multiples. Elles peuvent toucher l'émail, la dentine, ou les deux. Nous détaillerons ici une liste non exhaustive de protocoles décrits dans la littérature pour adapter le type d'attache à certaines anomalies de structure.

L'amélogénèse imparfaite est une malformation héréditaire de l'émail, c'est une maladie rare qui touche environ 1/14 000 personnes, soit moins de 1% de la population orthodontique (Baron *et al.* 2018). Elle se caractérise par une anomalie quantitative et/ou qualitative de l'émail qui touche toute la denture.



Figure 6 Photographie endobuccale d'un patient atteint d'amélogénèse imparfaite, document personnel

Le débaguage peut provoquer une fracture de l'émail fragilisé. Après une séance de fluoruration avec un vernis protecteur, les bagues, scellées avec un CVI, peuvent être utilisées préférentiellement aux tubes pour éviter un endommagement de l'émail à la dépose de l'attache. Si la hauteur de la couronne clinique est insuffisante, l'utilisation de couronnes préformées en acier inoxydable avec des tubes ou des crochets soudés est recommandée (Arkutu *et al.* 2012).

L'hypominéralisation molaire-incisive (MIH) est une hypominéralisation d'origine systémique, d'au moins une première molaire permanente, associée ou non, selon la gravité de l'atteinte, à une atteinte des incisives permanentes. Cette hypominéralisation a pour conséquences des défauts qualitatifs de l'émail (d'Arbonne et Foray 2016). La MIH toucherait 7,44% de la population orthodontique en France (Baron *et al.* 2018).

Chez un patient dont les molaires sont fragilisées par une MIH, comme pour l'amélogénèse imparfaite, des bagues pourront être utilisées préférentiellement, associées à un CVI.

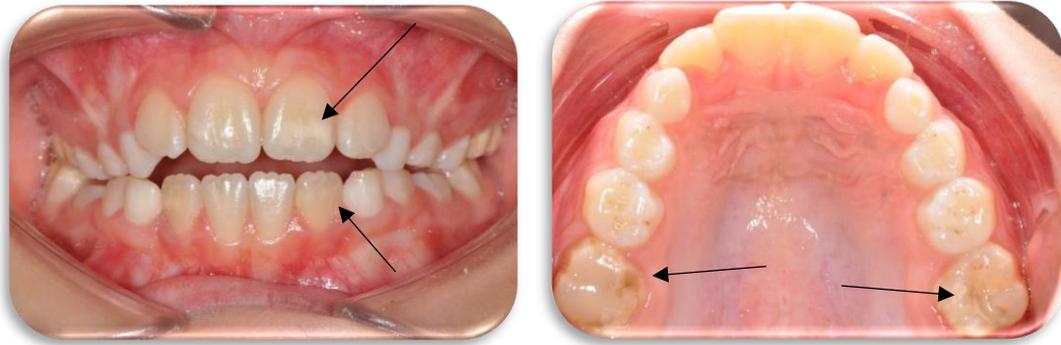


Figure 7 Photographies endobuccales d'une patiente atteinte de MIH, les flèches indiquent des zones d'hypominéralisation (documents personnels)

La dentinogenèse imparfaite est une anomalie héréditaire de structure de la dentine dont la prévalence est de 1/8000 à 1/6000 (Barron *et al.* 2008). Une classification a été proposée par Shields en 1973 et est toujours utilisée aujourd'hui. Les manifestations cliniques de la dentinogénèse imparfaite sont variables, et plus ou moins sévères en fonction des types décrits. Dans certains cas, seules des anomalies radiographiques sont retrouvées (Shields *et al.* 1973; O'Connell et Marini 1999).



Figure 8 Photographie endobuccale d'une patiente (12 ans) atteinte de dentinogenèse imparfaite (document personnel)

Le collage avec de la résine sur l'émail de dents atteintes peut être réalisé avec succès et le collage de tubes est possible. Mais l'utilisation de la dentisterie adhésive doit être adaptée à chaque cas du fait de la grande variabilité d'atteinte de la dentine (O'Connell et Marini 1999).

Une étude décrit en 2003 la prise en charge orthodontico-chirurgicale d'un patient atteint d'ostéogénèse imparfaite, associée à une dentinogénèse imparfaite. Il a été

choisi de sceller des bagues avec un ciment verre-ionomère sur l'ensemble des deux arcades, plutôt que de coller des attaches, afin de minimiser le risque de fracture lors du retrait de l'appareil. Le traitement a été achevé en 24 mois sans incident (Kindelan *et al.* 2003)

Un cas de clinique dans lequel une patiente a été traitée par un multi-attache collé avec de la résine composite conventionnelle (Transbond™ XT, 3M, Monrovia, USA) et des attaches métalliques classiques, n'a pas reporté de problème, ni lors du traitement, ni au moment du débaguage (Roh *et al.* 2010).

La fluorose fait suite à une intoxication par le fluor par absorption en trop grande quantité au moment de la minéralisation des dents. L'atteinte est proportionnelle à l'intoxication et se manifeste par une diminution de la teneur en minéraux entraînant une porosité de l'émail (Abanto Alvarez *et al.* 2009), sous une couche extérieure bien minéralisée résistante au mordantage acide dont la profondeur varie entre 50 et 100 µm. Ceci peut être la source de difficultés de collage des attaches orthodontiques chez les patients présentant une fluorose.



Figure 9 Photographie endobuccale d'un patient du CHU de Nancy atteint de fluorose dentaire

Bagues ou tubes sont utilisables, mais le collage d'un tube implique des précautions supplémentaires. Dans le cas de fluoroses modérées, il est conseillé d'augmenter le temps de mordantage des molaires à 150 secondes avec un système Mordantage & Rinçage (M&R) avant collage d'un tube.

Dans le cas de fluoroses sévères, une microabrasion suivie d'un mordantage M&R de 15 secondes permet d'obtenir des valeurs d'adhésion satisfaisantes pour un tube molaire (Silva-Benítez *et al.* 2013).

Un pré-traitement à base d'acide chlorhydrique en remplacement du mordantage classique permettrait également d'augmenter les valeurs d'adhésion dans les cas de fluoroses modérées et sévères (acide chlorhydrique à 6,6% associé à des microparticules de carbure de silicium dans une pâte hydrosoluble : Opalustre™, 3M, Monrovia, USA) (Lupan *et al.* 2011).



Amélogénèse imparfaite

- **Bague + CVI**



MIH

- **Bague + CVI**



Fluorose modérée ou sévère

- **Bague + CVI/CVIMAR OU**
- **Tube** avec M&R H3PO4 150s si fluorose modérée OU
- **Tube** avec microabrasion + M&R H3PO4 15s OU
- **Tube** avec Opalustre 3M™ à la place du M&R



Dentinogénèse imparfaite

- En fonction de la sévérité de l'atteinte
- **Bague + Acide polyacrylique + CVI** si sévère

Figure 10 Molaires présentant une anomalie de structure : tube ou bague ?

2.3.6. Stade d'évolution dentaire, possibilités d'isolation et d'accès

La deuxième molaire permanente pose souvent un problème spécifique à l'orthodontiste, puisqu'il s'agit de la dernière dent à évoluer sur l'arcade (troisièmes

molaires exclues). Elle est donc souvent difficile à baguer ou coller car un opercule de gencive la recouvre au niveau de la crête marginale distale. Le traitement orthodontique peut alors être « terminé » avant que la deuxième molaire ait évolué, totalement ou partiellement, aboutissant au débagueage des arcades alignées et nivelées, puis à l'éruption de la deuxième molaire qui gardera une « marche » avec le reste de l'arcade, ce qui n'est pas acceptable (Andreasen 1986).



Figure 11 Les crêtes marginales de la deuxième molaire ne sont pas alignées ou nivelées avec les crêtes marginales du reste de l'arcade. Source (Andreasen 1986).

Il est alors possible de demander le retrait chirurgical de cet opercule pour exposer complètement la crête marginale distale et ainsi permettre la mise en place d'une bague. Une autre possibilité réside dans le collage d'un tube sur la face vestibulaire exposée, à condition que la contamination salivaire soit évitée, ce qui peut aussi s'avérer difficile.

Il existe dans le commerce des « demi-tubes » pour un collage facilité des deuxièmes molaires permanentes, qui se placent sur la partie mésiale de la face vestibulaire.



Figure 12 Vue endobuccale vestibulaire d'un demi tube sur 47 (document personnel)

2.3.7. Contraintes occlusales

Aucune différence en termes de succès du collage n'est observée selon les différents types de malocclusion.

Néanmoins, il est à noter que les dents mandibulaires sont les plus à risque de décollement. Il semble évident qu'une attache présentant un contact avec la dent antagoniste est soumise à de très fortes contraintes occlusales. C'est pourquoi des cales de désocclusion sont utilisées pour éviter les traumatismes intempestifs (Barbosa *et al.* 2018).



Figure 13 Cales molaires en compomère pour éviter le contact entre la cuspide de 15 et l'ailette distale de l'attache de 45 (documents personnels).

2.3.8. Confort

En termes de confort, il n'y a pas de différence rapportée au rendez-vous suivant entre les patients ayant bénéficié d'un scellement de bagues ou les patients ayant bénéficié du collage d'un tube (Nazir *et al.* 2011).

2.4. Indications selon le plan de traitement

2.4.1. Traitement sans chirurgie

Un certain nombre de situations indiquent le scellement d'une bague plutôt que le collage d'un tube (Proffit *et al.* 2014) :

Les molaires prévues pour recevoir des forces lourdes et intermittentes et en particulier les premières molaires maxillaires qui vont recevoir une force extra-orale (FEO) : les

forces de torsion et de cisaillement souvent rencontrées lors de la mise en place et du retrait de l'arc et la FEO seront mieux supportées mécaniquement par une bague que par un tube collé.

Les molaires prévues pour recevoir des appareillages en vestibulaire et lingual. Des attaches linguales peuvent être collées séparément dans certains cas mais avec un risque supérieur de décollement.

Les molaires avec une faible hauteur coronaire empêchant le collage correct d'un tube. Une bague peut plus facilement repousser la gencive et se placer en bonne position. C'est souvent le cas pour les deuxième molaires en cours d'éruption chez les adolescents.

Les molaires porteuses de restaurations étendues : même si le collage sur différents substrats tels que la céramique, le métal et le composite est possible, la force de collage tend à être plus faible et le débaguage sur la céramique endommage souvent le glaçage de la restauration. Donc s'il y a peu d'émail intact disponible pour le collage, la mise en place d'une bague peut être intéressante.

Néanmoins, le scellement d'une bague présente aussi des inconvénients, comme la création d'espaces proximaux laissés par les bagues (Graber *et al.* 2016).

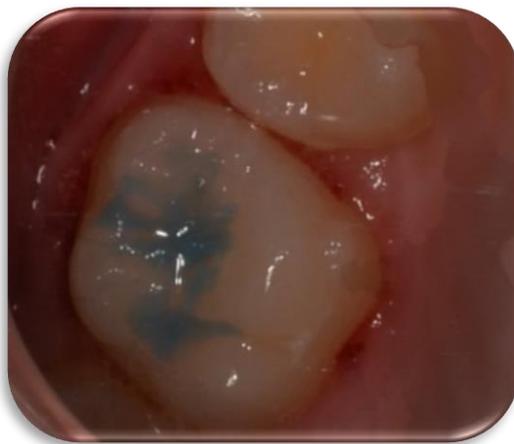


Figure 14 Espace laissé par une bague en mésial de 16 à la dépose de l'appareil (document personnel)

2.4.2. Traitement ortho-chirurgical

Un échec de collage dans les cas ortho-chirurgicaux peut avoir des conséquences graves s'il survient au moment de la chirurgie. En effet, plusieurs cas d'attaches décollées pendant l'intervention ont été rapportés, avec un déplacement potentiel soit vers le site chirurgical dans lequel elles peuvent être laissées en place si elles n'ont pas été repérées, provoquant ensuite une infection, soit, plus grave encore, elles peuvent être directement projetées vers les voies aériennes et bloquer la ventilation.

En général, l'utilisation de bagues sur les molaires est privilégiée (avec une prévalence de 74,3% dans une étude de 2011 menée aux USA) plus que les tubes (19,2%), dans le cadre d'un traitement ortho-chirurgical. Mais la proportion de tubes collés tend à augmenter, augmentant le risque encouru par les patients (Godoy *et al.* 2011). Dans cette même étude, tous les échecs de collage sur les molaires rapportés après l'intervention ont concerné des tubes, dont 2 ont été retrouvés au niveau du site chirurgical (ostéotomie mandibulaire), et 1 a été projeté dans le pharynx.



Figure 15 Radiographie objectivant la présence d'un tube projeté dans le pharynx (source (Godoy et al. 2011))

D'autres cas de tubes décollés pendant la chirurgie et oubliés dans le site d'ostéotomie ont été rapportés dans la littérature, parfois sans conséquences (Wenger *et al.* 2007), mais aussi parfois suivis d'une infection du site, nécessitant un traitement antibiotique, voire une intervention pour retirer le tube (de Queiroz *et al.* 2013; Shaeran et Samsudin 2018).

3. Comment optimiser le collage et le scellement ?

L'adhésion est définie comme l'union d'une surface à une autre avec laquelle elle est en contact intime. Collage et scellement doivent être différenciés.

La colle doit posséder à la fois un caractère adhésif propre et des propriétés rhéologiques qui lui permettent de dissiper tout ou partie des contraintes subies par l'assemblage qu'elle contribue à former.

Le scellement correspond plutôt à un calage sans potentiel adhésif propre.

On distingue deux théories complémentaires au phénomène d'adhésion : la théorie mécanique (l'adhésif s'engrène dans les irrégularités de surface) et la théorie d'adsorption (formation de liaisons chimiques entre l'adhésif et l'adhérent) (Decrucq *et al.* 2009).

Tout système de collage (ou scellement) en orthodontie doit présenter :

- Une adhésion suffisante pour éviter le décollement
- Une étanchéité immédiate et conservée dans le temps pour éviter l'infiltration de bactéries entre la dent et l'attache
- Des propriétés mécaniques suffisantes mais pas excessives, pour ne pas nuire à l'intégrité dentaire lors du débaguage
- Un temps de travail suffisant
- Une élimination facile des excès
- Une dépose facile sans dommages
- Et enfin, une certaine tolérance à la manipulation dans un milieu où une contamination humide ou salivaire est possible (et ce en particulier dans les secteurs molaires) (Hitmi *et al.* 2002).

Malheureusement, il n'existe aucun système d'assemblage parfait qui réponde à l'ensemble de ces critères. C'est pourquoi l'orthodontiste devra être éclairé pour faire le meilleur choix en fonction de la situation clinique : nature (émail ou matériau de restauration) et qualité (anomalies de structures, susceptibilité à la carie) du substrat, forces délivrées par le dispositif orthodontique (forces extra-orales), type de collage direct ou indirect...

Certains ciments adhèrent chimiquement à l'émail et à de nombreux matériaux (théorie d'adsorption), certains contiennent des ions capables d'inhiber la déminéralisation et

favoriser la reminéralisation, ils contiennent tous de l'eau, et dans le cas des ciments contenant des groupes carboxyles, ils sont capables d'adhérer sur des surfaces humides ; mais leur force de collage est faible parce que les ciments sont fragiles.

Les résines adhésives pénètrent dans des micropores créés dans l'émail mordancé et dans les rétentions de l'intrados de l'attache (théorie mécanique) et sont plus résistantes à la fracture que les ciments. Elles sont plus faciles à manipuler que les ciments quand elles sont sous forme photopolymérisable. Néanmoins, elles présentent l'inconvénient de ne pas avoir d'activité anti-caries et l'utilisation des résines pour coller les tubes molaires est plus problématique que leur utilisation sur les dents antérieures (Ewoldsen et Demke 2001). En effet, la qualité de la surface amélaire obtenue après mordantage est moindre (Johnston *et al.* 1998; Mattick et Hobson 2000), il est plus difficile de maintenir une bonne isolation et les forces de mastication supérieures dans cette zone pourraient augmenter le taux de décollement et en particulier sur les molaires mandibulaires (Millett *et al.* 1999).

Les matériaux hybrides combinent les avantages des ciments et des résines mais ont aussi des inconvénients.

La sélection du matériau optimal et son application requiert de la part de l'orthodontiste une compréhension des différences chimiques et limitations physiques des matériaux orthodontiques disponibles sur le marché.

3.1. Le collage des attaches

L'assemblage collé en orthodontie est constitué : du substrat (émail, métal, céramique ou composite), de la colle, et de l'attache.

Deux interfaces sont alors définies : l'interface colle/substrat et l'interface colle/attache. La qualité de la première dépend du matériau de collage et du traitement de la surface du substrat ; la qualité de la seconde dépend du matériau de collage également et de la conception de la base de l'attache (Hitmi *et al.* 2002).

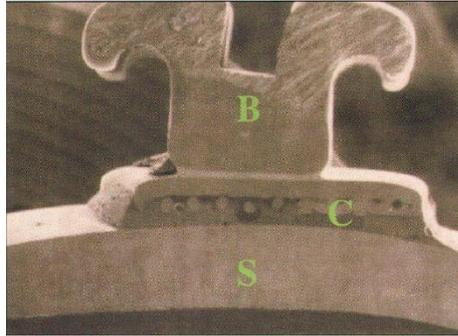


Figure 16 Coupe longitudinale d'un assemblage collé (B: bracket, C : colle, S : substrat) (Hitmi et al. 2002)

Dans le cas d'un collage indirect s'ajoute une interface supplémentaire : une interface colle/colle entre le composite de la cale déjà présente sur l'attache et la colle ajoutée lors du collage en bouche.

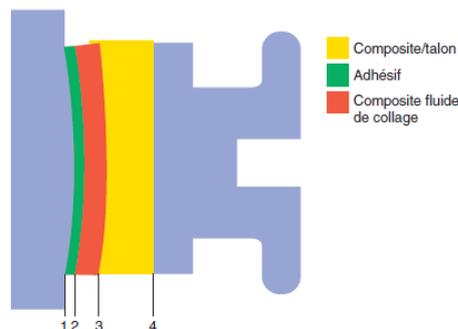


Figure 17 Assemblage d'une attache collée en technique indirect (Hitmi 2012)

Le succès du collage en orthodontie requière une attention particulière à ces trois composantes : la surface dentaire et sa préparation, la conception de la base de l'attache et le matériau de collage en lui-même (Proffit et al. 2014).

La force de collage nécessaire et suffisante au collage orthodontique prise comme référence a été déterminée avec un intervalle de 5,9 à 7,8MPa (Reynolds 1975). Il faut toujours relativiser les résultats des études *in vitro* et garder à l'esprit qu'il existe des différences de forces de collage observées *in vivo* et *in vitro*, et ce pour un même procédé ou matériau, en raison de l'influence de l'environnement oral sur les étapes de collage : la force de collage observée *in vivo* est moindre que la force observée *in vitro* (Murray et Hobson 2003).

3.1.1. Préparation avant collage : mordançage, micro-abrasion, utilisation d'un silane ?

L'émail non traité est lisse donc non rétentif. Il est préparé avant collage pour créer une surface compatible avec la formation de brides résineuses, nécessaire à l'ancrage de la colle sur la surface (on parle d'adhésion micromécanique (Decrucq *et al.* 2009)). Le moyen le plus couramment utilisé est le mordançage à l'acide orthophosphorique (H_3PO_4), décrit initialement par Buonocore en 1955 et adapté aux données actuelles de la littérature. Cependant, des dommages irréversibles sont décrits à la surface de l'émail après l'attaque acide (Silverstone *et al.* 1975). D'autres préparations amélaire existent et pourraient représenter une alternative : le sablage, la préparation au laser. Avant tout traitement, l'émail sera nettoyé avec une brosse à dents (Hitmi *et al.* 2002). L'utilisation de ponce pour préparer l'émail pendant le brossage pré-collage ne rend pas le collage plus efficace et n'a donc pas de raison d'être pratiquée (Ireland et Sherriff 2002).

- Mordançage

Le mordançage exploite la structure très minéralisée de l'émail par l'attaque acide, créant une structure cratériforme grâce à l'attaque des cristaux. Au niveau de l'émail la qualité du mordançage est le principal facteur influençant la valeur de l'adhésion à la surface collée (Degrange M., Pourreyron L., 2009). La perte amélaire pendant le mordançage dépend de l'acide utilisé, de sa concentration, du temps d'application et de l'orientation des prismes amélaire (Gebeile-Chauty *et al.* 2012). Après mordançage de la surface, il faudra à tout prix éviter la contamination salivaire qui favorise tout de suite la reminéralisation, même si certains matériaux nouveaux supportent mieux l'humidité (Proffit *et al.* 2014).

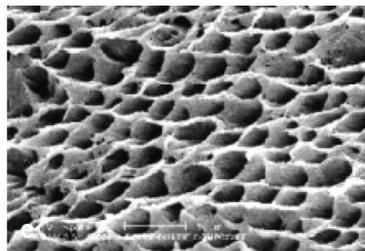


Figure 18 Vue au microscope électronique à balayage d'une surface d'émail mordancé avec H_3PO_4 à 37 % 30s (van Waveren Hogervorst *et al.* 2000)

La préparation de la surface avec mordantage et application de l'adhésif peut être réalisée en un ou deux temps.

La technique traditionnelle, en deux temps, consiste en l'application d'un adhésif après mordantage à l'acide orthophosphorique. Le mordantage est suivi d'un rinçage et séchage soigneux avant application de l'adhésif. Comme la profondeur de la dissolution amélaire pendant le temps de mordantage peut-être importante (Silverstone *et al.* 1975), l'utilisation de « conditioners » alternatifs a été étudiée pour minimiser la perte amélaire et le temps au fauteuil, tout en maintenant une force d'adhésion suffisante entre l'émail et l'attache.

La technique en un temps réalise le mordantage et l'adhésif en une seule application grâce à la composition des solutions auto-mordancantes (SAM) qui contiennent une solution aqueuse d'alcool, de monomères acides et d'autres composants, permettant la diffusion des monomères avec dissolution partielle simultanée de l'hydroxyapatite. Aujourd'hui, les adhésifs auto-mordancants, réduisant le nombre de produits utilisés et le temps au fauteuil (en s'affranchissant du rinçage-séchage après mordantage), semblent représenter une alternative intéressante. La plupart des auteurs s'accordent pour dire que les faciès d'attaque générés par les SAM sur l'émail apparaissent moins rétentifs que ceux que procure l'acide orthophosphorique, et ce particulièrement sur un émail non fraisé (DeGrange M., Pourreyron L., 2009). En effet, celui-ci présente une couche superficielle d'émail aprismatique moins favorable au mordantage (Ripa *et al.* 1966; Whittaker 1982) et potentiellement très minéralisée par une salive saturée en phosphate de calcium et/ou en ions fluorures ayant converti l'hydroxyapatite en fluorapatite. Cette couche d'émail aprismatique s'épaissit des incisives vers les molaires, atteignant son épaisseur maximale sur les molaires où il faudra donc être d'autant plus vigilant à la qualité du mordantage. Les SAM présentent tous un pH moins acide que l'acide orthophosphorique. Il existe une grande variabilité de pH selon les SAM, et donc des valeurs d'adhésion différentes, mais à priori toutes suffisantes pour un collage orthodontique efficace. Les valeurs d'adhésion minimales obtenues se situent autour de 10MPa (Scougall Vilchis *et al.* 2009) et les valeurs moyennes obtenues se situent autour de 19MPa (Mano, Mehdi, 2009)). De plus, une étude in vitro sur de l'émail bovin n'a pas trouvé de différence entre un émail préparé ou non, suivi de l'application d'un SAM ou d'un adhésif classique, en termes de résistance à la microtraction d'une résine composite collée (Ibarra *et al.* 2002).

La technique en deux temps est encore très souvent utilisée lors d'un recollage car elle est encore perçue comme plus efficace (Cehreli *et al.* 2005; Proffit *et al.* 2014).

Selon la Cochrane, les deux techniques sont équivalentes en termes de résistance de collage et de résistance à la déminéralisation mais avec un niveau de preuve relativement faible (Hu *et al.* 2013).

* Nature de l'acide

Acide polyacrylique pour les CVIMAR (Boileau 2011) : fournit une force de collage insuffisante au collage d'un tube sur les molaires.

Acide orthophosphorique (H_3PO_4) : habituellement utilisé pour les colles résineuses traditionnelles et hydrophiles.

Solutions auto-mordançantes (SAM) : elles contiennent en général une solution aqueuse résultant d'un mélange d'alcool et de monomères acides ainsi que divers constituants. La déminéralisation est obtenue grâce au monomère acide, qui permet la diffusion des monomères résineux en même temps que la dissolution partielle de l'hydroxyapatite (Cehreli *et al.* 2005). Même si tous les SAM ont un pH bas, ils peuvent être classifiés comme « moyens » avec un pH autour de 2 et « forts » avec un pH inférieur à 1 permettant un schéma de déminéralisation similaire à la technique traditionnelle « mordantage-rinçage ». Cependant, le pH n'est pas le seul facteur déterminant leur efficacité. Leur constante de dissociation, leur temps d'application, leur capacité à interagir avec les minéraux de l'émail, ont aussi une influence sur leur action. Une étude de la littérature ne trouve aucune différence statistiquement significative en termes d'échec de collage entre des solutions auto-mordançantes à pH proche de 1 ou une solution moins acide à pH 2,7, et suggère alors que des solutions moins acides et plus respectueuses de l'émail peuvent être utilisées préférentiellement sans crainte pour la qualité du collage (Ostby *et al.* 2008). Cette conclusion est reprise par une étude qui observe que, malgré la différence de schéma de déminéralisation de l'émail prismatique obtenue avec différents SAM, il n'y a pas de corrélation entre leur degré d'agressivité envers l'émail et leur efficacité de collage à l'émail de surface (Pashley et Tay 2001).

* Concentration de l'acide et durée de mordantage

Acide orthophosphorique : la plupart des auteurs recommandent aujourd'hui un mordantage à l'acide orthophosphorique à 37% de 15 secondes, jugé comme nécessaire et suffisant pour un collage orthodontique de qualité (Sadowsky *et al.* 1990). Une étude a cependant montré que 15 secondes de mordantage, bien que suffisantes sur les incisives, canines et prémolaires, étaient insuffisantes sur les molaires (Johnston *et al.* 1998). En effet, les deux premiers tiers cervicaux des molaires présentent un émail aprismatique hautement minéralisé et donc plus difficile à dissoudre (Mattick et Hobson 2000), avec une couche plus épaisse sur les molaires que sur les autres dents (Whittaker 1982). Le temps idéal de mordantage à l'acide orthophosphorique sur les molaires est de 30 secondes (au-delà les dommages sur l'émail augmentent sans que la force du collage n'augmente).

Acide polyacrylique : Une utilisation optimale consiste en l'application d'un acide à 10% pendant 20 secondes (Boileau 2011). Il ne réalise pas un mordantage, ne crée pas de rugosités dans l'émail et les valeurs d'adhésion sont faibles (Gebeile-Chauty *et al.* 2012). Selon Hitmi, l'utilisation de l'acide polyacrylique permet d'obtenir des valeurs d'adhésion proches de 20MPa, tout en endommageant moins la couche superficielle de l'émail et en facilitant la dépose sans effets iatrogènes (Hitmi *et al.* 2002).

Le mordantage à l'acide pour préparer la surface amélaire est considéré comme une technique efficace. Cependant, la déminéralisation qu'il produit augmente le risque carieux autour des attaches. C'est pourquoi d'autres techniques ont été proposées.

- Sablage

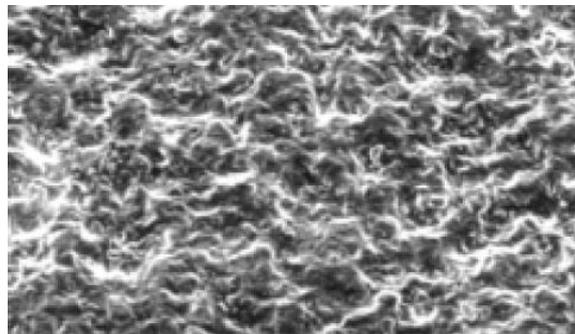
Pour éviter l'agression du tissu amélaire provoquée par le mordantage à l'acide orthophosphorique et s'affranchir du risque de contamination salivaire à cette étape, certains auteurs ont proposé comme alternative la micro-abrasion amélaire par sablage à l'alumine.

Une étude de la littérature propose un micro-sablage de l'émail avec des particules d'oxyde d'alumine de 29µm pendant 2 à 3 secondes par dent, une pression de 3 bars

et une quantité de poudre modérée avant application du CVIMAR sur l'intrados de l'attache et application sur la dent humide (Sorel *et al.* 2009).

Toutefois, la perte d'émail provoquée par ce protocole est égale à celle provoquée par le mordantage (H_3PO_4), si les particules d'oxyde d'alumine de $50\ \mu m$ sont projetées à basse pression ($0,1\ MPa$), 1 seconde par dent. En cas de pression et/ou de temps d'exposition supérieurs, les dommages observés sont supérieurs.

De plus, les résultats en termes de force d'adhésion sont nettement inférieurs à ceux obtenus avec un mordantage classique, contre-indiquant son utilisation en remplacement du mordantage (van Waveren Hogervorst *et al.* 2000).



*Figure 19 Vue au microscope électronique à balayage d'une surface amélaire sablée avec des particules d'oxyde d'alumine à $50\ \mu m$ à une pression de $0,1\ MPa$ pendant 1 seconde (van Waveren Hogervorst *et al.* 2000)*

- Préparation au laser

Le laser Er : YAG (erbium : yttrium aluminum garnet) est utilisé en odontologie conservatrice pour la préparation et la désinfection de cavités, l'éviction carieuse et le conditionnement de la surface dentaire. Ce type de laser est un des plus utilisés pour le conditionnement amélaire et dentinaire avant collage puisqu'il permet la formation de rugosités sur la surface traitée.

La préparation amélaire avec un laser Er : YAG plutôt qu'avec un système adhésif conventionnel ou un adhésif auto-mordançant diminue significativement la force de collage des attaches (de Jesus Tavares *et al.* 2017).

La déminéralisation obtenue avec le laser est moindre qu'avec l'acide orthophosphorique mais toujours suffisante pour un collage efficace (force de collage moyenne de $7,84\ MPa$ avec l'adhésif Transbond™ XT(3M, Monrovia, USA), contre une force moyenne de $12,60\ MPa$ avec un mordantage à l'acide orthophosphorique

pendant 30 secondes, ce qui nous semble insuffisant pour le collage sur les molaires) (Lasmar *et al.* 2012). Dans cette même étude, il montre que la combinaison de l'utilisation du laser puis du mordantage acide augmente la force de collage (14,31 MPa en moyenne) et suggère que cette combinaison peut être utilisée dans les cas difficiles.

- Cas particulier de la préparation d'une surface non amélaire (composite, céramique, métal ou amalgame) (Decrucq *et al.* 2009; Canal et Salvadori 2011)

La surface très lisse de la plupart des restaurations et sa résistance aux attaques acides classiques rend l'adhésion directe d'un système de collage conventionnel, utilisé pour le collage amélaire, presque impossible. Une préparation de la surface est donc nécessaire.

Les primaires d'adhésion permettent de modifier la surface du substrat pour la rendre favorable au collage. Ils sont utilisés en odontologie conservatrice pour transformer la surface humide en surface hydrophobe pour permettre l'imprégnation de la résine hydrophobe. Ils ne trouvent pas d'intérêt en orthodontie lors d'un collage classique car l'émail présente déjà une surface hydrophobe propice au collage (il en est de même pour les surfaces en résine composite qui exposent des sites acryliques réactifs après sablage ou meulage). Les traitements adultes étant de plus en plus courants, le collage de routine doit désormais compter aussi sur des restaurations coronaires (amalgames, couronnes prothétiques), qui représentent des surfaces inadaptées au collage sans préparation préalable par un primaire d'adhésion.

- * Agent de couplage silanique : ce matériau est essentiellement utilisé pour réaliser des collages sur des couronnes ou facettes en céramique après une attaque acide et avant la mise en place d'un adhésif. Cet agent est aussi utilisé après microsablage (avec particules d'alumine et de silicate).
- * Primaires d'adhésion spécifiques aux métaux précieux : les agents adhésifs capables d'adhérer directement à la surface métallique sans prétraitement cherchent à simplifier les protocoles cliniques.

Avant l'application du primaire d'adhésion, le protocole de préparation de la surface sera réalisé différemment selon la surface à traiter.

Pour un collage sur la résine provisoire, il faudra créer des rétentions mécaniques avec une fraise boule avant d'appliquer un primer plastique qui sera légèrement séché (Canal et Salvadori 2011).

Pour un collage sur le métal précieux, réaliser éventuellement un micro-sablage à l'oxyde d'alumine, rincer, sécher, avant l'application d'un primaire d'adhésion spécifique (il en existe plusieurs sur le marché, par exemple Metal Primer, GC Europe, Leuven, Belgique).

Pour un collage sur le métal non précieux, il faudra réaliser un micro-sablage à l'oxyde d'alumine, rincer, sécher, avant l'application d'un primer métallique (à sécher légèrement).

Pour un collage sur la céramique et les résines composites, réaliser éventuellement un micro-sablage à l'oxyde d'alumine (technique la plus efficace en termes de force de liaison mais iatrogène en raison du risque de fracture de la céramique lors de la dépose), rincer, sécher, avant l'application d'acide fluorhydrique en gel avec une concentration de 10% pendant 2 minutes (il réalise alors le mordantage de la surface en créant des microporosités irréversibles) (Decrucq *et al.* 2009; Di Guida *et al.* 2019). Il peut aussi être utilisé pour un collage sur une résine composite selon le même protocole, en réduisant le temps d'application à 60 secondes (Canal et Salvadori 2011). Finir par l'application d'un agent de couplage silanique, sécher.

Un scellement sans préparation du substrat, sur une molaire restaurée prothétiquement de façon pérenne, semble plus indiqué qu'un collage, car plus respectueux de la restauration.

3.1.2. Quelle colle ?

En orthodontie on appelle communément « colle » tous les matériaux unissant la dent et l'attache. Les colles sont composées d'un adhésif et d'un composite, sauf dans les cas des ciments à base de verre-ionomères (CVI), qui ne nécessitent pas forcément d'adhésif.

Les systèmes de collage en orthodontie peuvent être classés en quatre grandes familles (Hitmi *et al.* 2002) :

- * Les colles traditionnelles hydrophobes : ce sont les colles les plus utilisées car elles présentent les valeurs d'adhérence les plus élevées (ce qui peut être un inconvénient à la dépose), mais elles sont sensibles à la contamination humide et salivaire ;
- * Les colles hydrophiles ;
- * Les colles automordançantes : elles déminéralisent et infiltrent simultanément la surface amélaire ;
- * Les ciments verre-ionomères modifiés par adjonction de résine : ils constituent une alternative intéressante aux composites de collage en combinant certaines propriétés des CVI avec la résistance des composites (ils sont à la fois agent de scellement et agent adhésif).

Pour les trois premières familles, le collage est réalisé en trois étapes : préparation de la surface amélaire (nettoyage et mordantage), pénétration de l'adhésif dans les zones de déminéralisation créées par l'étape précédente, puis polymérisation du matériau de collage. Pour les CVIMAR, une préparation amélaire n'est théoriquement pas nécessaire mais de nombreuses études montrent qu'un prétraitement augmente les valeurs d'adhésion (acide polyacrylique, adhésif auto-mordançant ou mordantage et adhésif en deux temps).

Deux paramètres conditionnent le choix de la colle dans les secteurs molaires : l'hygrométrie et les forces de mastication très élevées : une colle tolérante à l'humidité et dotée d'une résistance mécanique suffisante sera nécessaire. Les colles composites hydrophiles trouvent toutes leurs indications dans ce secteur, présentant des propriétés mécaniques bien supérieures aux CVIMAR.

- Les colles hydrophiles

Rappelons que le terme de « colle » désigne en orthodontie l'association d'un adhésif et d'une résine composite.

Les résines composites n'ont aucun potentiel adhésif propre et assurent la rétention par ancrage micro-mécanique, l'adhésion chimique est obtenue par l'agent adhésif utilisé au préalable. Le composite, hydrophobe, n'est pas modifié : on devrait donc plutôt parler d'adhésif hydrophile.

Les résines composites (Decrucq *et al.* 2009) constituent le matériau de collage le plus utilisé en orthodontie. Elles contiennent une phase inorganique associée à une phase organique. Les deux phases sont reliées par un agent de couplage à base de silane. Un initiateur est nécessaire pour activer le mécanisme de réaction de prise et des stabilisateurs assurent la conservation du matériau.

- La phase organique (25 à 50% du composite) : elle comprend la matrice résineuse, le système de polymérisation et divers additifs.
- La matrice résineuse est le composant chimiquement actif, ses composants sont essentiellement des diméthacrylates de méthyle (Bis-GMA : bisphénol méthacrylate de glycine, UDMA : diméthacrylate uréthane (mais présente une certaine fragilité), et d'autres monomères de basse viscosité facilitant la manipulation clinique tels que le TEGDMA : triéthylène glycol diméthacrylate). Le Bis-GMA est le composant de base de la plupart des résines utilisées aujourd'hui (Graber *et al.* 2016).
- Le système initiateur peut initier une polymérisation chimique et/ou une photopolymérisation. Les résines photopolymérisables sont activées par la lumière visible, le système d'initiation est composé d'un di-cétone photosensible (camphoroquinone) et d'une amine tertiaire. Elles sont utilisées par plus de 80% des orthodontistes nord-américains (Keim *et al.* 2014), avec l'avantage à la fois d'allonger le temps de travail disponible, mais aussi de pouvoir polymériser de façon immédiate dans un environnement à risque de contamination salivaire (Graber *et al.* 2016). Elles sont toujours présentées dans un seul contenant opaque, simplifiant la procédure clinique (Ewoldsen et Demke 2001). Les résines chémo-polymérisables sont activées soit par un mélange de deux pâtes soit d'une poudre et d'un liquide. Une partie contiendra un initiateur tel que le peroxyde de benzoyle et l'autre un accélérateur telle qu'une amine tertiaire aromatique. Cette méthode chimique de polymérisation, plus longue, est à éviter sur les molaires où la contamination salivaire peut se produire à tout moment.
- La phase inorganique : il s'agit des charges incorporées à la matrice résineuse, dans le but de réduire la proportion de résine qui constitue le maillon faible du composite. La plupart des propriétés mécaniques sont améliorées par une augmentation de la proportion de charges et notamment au-delà de 55 à 60% en volume (augmentation de la résistance à la fracture et à l'usure, de la dureté ...).

Les macrocharges sont composées de grosses particules de verre ou de quartz (5 à 30µm) et les microcharges (<0,04µm) sont des particules de silice. Les composites dits « hybrides » sont composés de l'association des deux.

- L'agent de couplage : il permet de lier les deux phases. Il s'agit en général du γ -méthacryloxypropyle triméthoxysilane ou silane. Cette silanisation va augmenter les propriétés mécaniques et améliorer la longévité du composite en réduisant la perte de particules due à la pénétration d'eau entre résine et charges.
- L'adhésif est une condition préalable à presque tous les collages. Hormis les ciments à base de verre-ionomères et les colles auto-adhésives, toutes les colles utilisées en orthodontie nécessitent son utilisation. Son efficacité dépend principalement de sa mise en œuvre car la technique adhésive est très sensible à la manipulation. Les monomères qu'ils contiennent sont susceptibles de pénétrer les microrugosités du substrat avant de se lier par polymérisation à la résine composite. Sur le plan physico-chimique ces produits doivent mouiller puis s'infiltrer le plus parfaitement possible dans les irrégularités de surface (Degrange M., Pourreyron L., 2009). Les adhésifs hydrophiles sont moins sensibles à l'humidité grâce aux monomères hydrophiles qu'ils contiennent. En orthodontie : le Transbond™ MIP (3M, Monrovia, USA) et l'Ortho Solo™ (Ormco, West Collins, USA). Ils sont utilisables avec n'importe quel composite classique de collage orthodontique sauf les colles de « contact » (Hitmi *et al.* 2002).

- Les CVIMAR :

Jusqu'à maintenant, les résines acryliques à base de bis-GMA restent préférentiellement utilisées mais les résines avec une composante auto-adhésive, requérant moins de préparation amélaire, pourraient leur succéder.

Compromis entre résine composite et CVI, les ciments verre-ionomères modifiés par adjonction de résine (CVIMAR) sont des ciments de verre polyalkénoates auxquels est ajoutée une petite quantité de résine (le plus souvent des monomères acryliques hydrophiles tels que l'HEMA (hydroxyéthyle méthacrylate), et parfois l'éthylène glycol ou des dérivés du Bis-GMA). La réaction de prise est le résultat de la réaction acide-base du CVI associée à la polymérisation de la résine (Decrucq *et al.* 2009).

Les CVIMAR sont des matériaux biocompatibles qui présentent une adhésion intrinsèque à l'émail sans déminéralisation préalable et sans rétention

micromécanique. Ils présentent une excellente tolérance à l'humidité et un potentiel d'interaction ionique avec leur environnement. L'adjonction de la matrice résineuse permet d'améliorer les propriétés mécaniques et de diminuer le temps de prise.

Pour l'instant, ces nouveaux matériaux ont une force de collage inférieure aux systèmes traditionnels avec mordantage, rinçage, adhésif, résine composite. La résistance de l'assemblage est suffisante et atraumatique pour le tissu amélaire lors de la dépose (Decrucq *et al.* 2009). Une équipe de recherche en biomatériaux a étudié la résistance du Fuji Ortho™ LC (GC, Tokyo, Japon) 18 mois in vivo sur des dents préparées à l'acide polyacrylique à 10% pendant 20 secondes. Le taux d'échec de collage global obtenu de 7% est inférieur au taux d'échec propre aux molaires qui est de 15%. L'équipe de recherche conclue que ces résultats confirment que les CVIMAR sont utilisables en pratique clinique (Hitmi *et al.* 2001). Ce qui est confirmé par un autre auteur : les ciments verre-ionomère modifiés par adjonction de résine (CVIMAR) peuvent être utilisés comme matériaux de collage mais le risque de décollement est alors significativement augmenté (Proffit *et al.* 2014).

Classiquement, les CVI sont utilisés après une préparation dentaire avec un acide polyacrylique. Il permet d'abaisser la tension superficielle de la surface dentaire et d'augmenter sa mouillabilité mais ne déminéralise pas l'émail : c'est un agent de conditionnement et non de mordantage. Selon plusieurs auteurs, l'utilisation d'un CVIMAR sur un tube molaire après une préparation avec un acide polyacrylique n'est pas indiquée en raison d'une force insuffisante de collage (Hitmi *et al.* 2002; Decrucq *et al.* 2009).

Pour optimiser le collage des attaches, le traitement de surface à l'acide orthophosphorique ou avec un adhésif auto-mordançant avant utilisation du CVIMAR est recommandé. Les CVIMAR associés à l'adhésif automordançant permettent une dépose des attaches et un nettoyage de la colle faciles.

Les CVIMAR présentent cependant une adhérence statistiquement inférieure aux colles résineuses (Ma *et al.* 2017), qui restent encore recommandées dans les zones de fortes contraintes occlusales. On considère que l'attache orthodontique nécessite pour résister aux contraintes quotidiennes une adhérence de 14MPa. L'adhérence moyenne des CVIMAR est de 15,1 MPa. Les résines offrent une adhérence moyenne

de 20MPa. Pour les molaires mandibulaires, on préférera une résine classique. (Gebeile-Chauty *et al.* 2012)

- Adhésifs classiques et adhésifs auto-mordançants

Utilisés comme agents de liaison entre le substrat et la résine composite, ce sont des résines non chargées ne nécessitant pas l'utilisation préalable d'un primaire d'adhésion sur la surface amélaire, qui est déjà hydrophobe et donc capable de se lier à la résine, hydrophobe elle aussi.

En orthodontie deux techniques de préparation sont principalement utilisées :

- Les systèmes M&R 2 qui réalisent le mordançage et l'infiltration de l'adhésif en deux temps (séparés par un rinçage et un séchage de la surface),
- Les systèmes auto-mordançants en un temps (SAM I), appelés « all in one » (soit « tout en un » par les anglo-saxons) réalisent le mordançage et l'étape de l'adhésif simultanément avec un seul produit. Comme les monomères auto-mordançants participent à la polymérisation, il n'y a pas de rinçage après leur application. Ils simplifient la procédure de collage et diminuent le risque d'erreur de manipulation ou de contamination salivaire (DeGrange M., Pourreyron L., 2009).

Sur une surface en résine composite, un simple sablage ou meulage sera réalisé avant mise en place de l'adhésif pour exposer des sites acryliques réactifs. Dans le cas d'autres surfaces artificielles particulières (restaurations prothétiques et amalgames), l'utilisation d'un primaire d'adhésion précèdera l'utilisation de l'adhésif (Decrucq *et al.* 2009).

Les adhésifs hydrophobes, contenant principalement des monomères hydrophobes (Bis-GMA, TEGDMA, UDMA), doivent être utilisés sur une surface non affectée par la présence d'eau ou d'humidité. Ils seront donc à éviter sur les molaires en raison de la difficulté d'isolation et du risque de contamination humide de la surface.

Les adhésifs hydrophiles ont une base identique à celle de l'adhésif hydrophobe à laquelle ont été ajoutés des monomères amphiphiles (HEMA) et un solvant miscible à l'eau (eau, acétone ou alcool). Cette association améliore le mouillage et l'infiltration de la résine sur un substrat humide, et permet d'obtenir une adhérence acceptable lors d'un collage sur un substrat contaminé par la salive.

Les adhésifs auto-mordançants (SAM) combinent dans un seul conditionnement, ou un seul mélange, un agent de mordantage (acide phosphorique) et un agent adhésif. Ils réalisent une déminéralisation et une infiltration simultanée de la résine, diminuant le nombre d'étapes en éliminant celle du rinçage. C'est l'ultime simplification de la procédure de collage avant la colle auto-adhésive. Ce sont des mélanges complexes qui contiennent des monomères hydrophiles à caractère acide avec suffisamment d'eau pour permettre leur ionisation. Ils contiennent aussi des monomères hydrophobes indispensables pour se lier à la matrice composite.

L'attaque acide est moins agressive qu'après un mordantage à l'acide orthophosphorique mais ces adhésifs permettent d'obtenir des valeurs d'adhérence suffisantes dès lors que le protocole de préparation de la surface amélaire est respecté (nettoyage rigoureux) (Vinagre *et al.* 2014). Dans des conditions de collage optimales sur une surface amélaire sèche, les SAM offrent la même force de collage que les adhésifs classiques. En cas de contamination salivaire, plus tolérants à l'humidité ils offrent une force de collage supérieure à un adhésif classique. Hors, la contamination salivaire est citée comme la première cause d'échec de collage, et est d'autant plus susceptible de se produire au niveau des molaires (Degrange M., Pourreyron L., 2009 ; Shinya *et al.*, 2008 ; Rajagopal *et al.*, 2004 ; Schaneveldt, Foley, 2002 ; de Jesus Tavarez *et al.*, 2017).

En bref, d'après la revue Cochrane de 2018, il n'y a aucune preuve qui permette de privilégier une colle plutôt qu'une autre pour le collage des attaches (Mandall *et al.* 2018). Le praticien pourra toutefois s'appuyer sur le profil du patient pour choisir le système le plus adapté à la mise en place d'une attache sur les molaires.

Colles résineuses	Colles traditionnelles	-
	Colles hydrophiles	+++
	Colles auto-mordançantes	+/-
CVIMAR	Avec mordantage à l'acide polyacrylique	+/-
	Avec mordantage à l'acide orthophosphorique	++

Associations	Adhésif auto-mordant avec CVIMAR	++
--------------	---	-----------

Tableau 7 Choix du système de collage idéal sur les molaires (Hitmi et al, 2002)

3.1.3. Technique de collage : directe ou indirecte ?

Le collage des attaches peut être réalisé selon deux méthodes.

Le collage direct consiste à placer directement en bouche les attaches sur les dents préparées selon les protocoles décrits précédemment.

Une étude de Montasser (Montasser 2011) a révélé que l'application d'une force continue (300g) sur l'attache pendant la polymérisation augmente significativement les valeurs de résistance du collage, comparée à la méthode traditionnelle qui consiste à appliquer une force quelques secondes après positionnement de l'attache et avant polymérisation. Cette force permet à l'adhésif de fuser dans toutes les mailles de l'intrados de l'attache et de supprimer les bulles d'air, ce qui augmente la qualité du collage sans changer le comportement de la colle au débaguage.

Le collage indirect nécessite la prise d'une empreinte à l'alginate coulée secondairement. Les attaches sont collées sur les modèles ainsi obtenus et sont ensuite englobées dans une gouttière thermoformée double. Après retrait de la gouttière les attaches sont nettoyées à l'acétone puis encollées de nouveau avant leur mise en place en bouche sur l'émail préparé. Après polymérisation la gouttière est retirée. Cette méthode permet un positionnement plus précis des attaches en particulier au niveau des secteurs postérieurs et diminue le risque de contamination des surfaces préparées (Boileau 2011). Le temps de travail au fauteuil est réduit, ce qui est un avantage pour l'organisation du cabinet et pour les patients avec une difficulté d'attention et/ou d'ouverture buccale (patients en situation de handicap).

3.1.4. Influence de la morphologie de l'attache

Le succès du collage est primordial dans l'utilisation d'un système, et les tubes conservent une force de collage inférieure à celle des bagues (Millett *et al.* 2017). C'est pourquoi les fabricants, comme l'orthodontiste, tentent de mettre en œuvre des moyens pour augmenter la force de collage des tubes. La morphologie de l'attache participe à la réussite du collage car elle participe à la qualité de l'interface colle-attache. La base de l'attache en métal doit être fabriquée de telle sorte qu'une interaction mécanique entre le matériau de collage et la surface de l'attache se fasse (Decrucq *et al.* 2009; Proffit *et al.* 2014).

Un cas clinique de la littérature a décrit une préparation de tube molaire dans le but d'augmenter le succès du collage et diminuer l'indice de plaque, sur une deuxième molaire mandibulaire qui n'est pas accessible à la mise en place d'une bague, et qui a déjà subi plusieurs décollements d'un tube classique. Un tube personnalisé est alors créé sur un modèle, en augmentant la surface de la base à l'aide de composite qui est ensuite scrupuleusement poli. En bouche, la surface de collage est alors augmentée (Sharma *et al.* 2014).

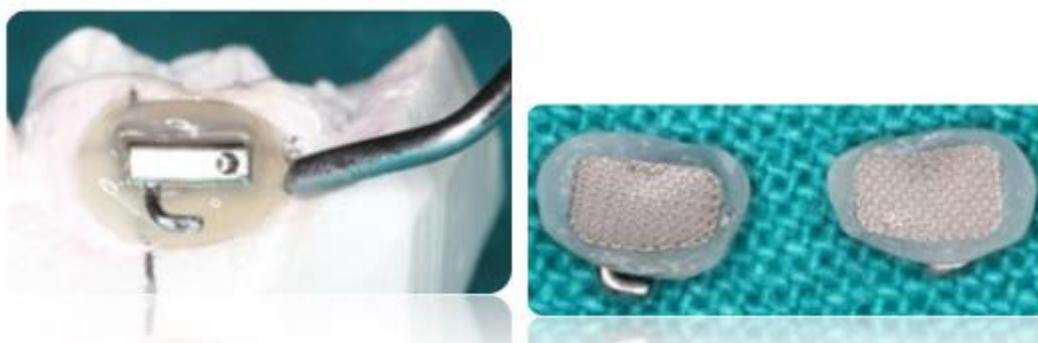


Figure 20 Tubes molaires personnalisés (source (Sharma *et al.* 2014))

3.1.5. Cas particulier : le collage d'attaches linguales

La majorité de la patientèle orthodontique est constituée d'enfants et d'adolescents, chez qui la surface de collage linguale peut être réduite au niveau des dents en éruption, et particulièrement au niveau des deuxième molaires. L'utilisation

d'appareils linguaux sur mesure, avec des bases allongées sur la surface occlusale dans les cas où la surface linguale est réduite, permet aux enfants et adolescents d'être traités par cette technique (Canal *et al.* 2016).

3.2. Le scellement des bagues

3.2.1. Indications, avantages et inconvénients de la pose d'élastiques séparateurs

Des points de contact interproximaux forts rendent impossible la mise en place correcte d'une bague. Il existe de nombreuses variantes de séparateurs, mais le principe est toujours le même dans tous les cas : un dispositif placé entre les deux dents concernées est laissé suffisamment longtemps en place pour les séparer pour le rendez-vous de pose des bagues.

Deux méthodes sont principalement utilisées :

- Séparateurs en métal qui exercent une action de scission au-dessus et en-dessous du point de contact à ouvrir pour le baguage sous une semaine environ ;
- Séparateurs élastomériques qui entourent le point de contact et séparent les dents en quelques jours. (Proffit *et al.* 2014)



Figure 21 Deux exemples d'insertion d'un séparateur élastomérique (Proffit *et al.* 2014)



Figure 22 Exemple d'insertion et désinsertion d'un séparateur métal (Proffit *et al.* 2014)

La mise en place d'élastiques séparateurs permet de faciliter le rendez-vous de pose des bagues, le rendant moins désagréable pour le patient et plus rapide.

Néanmoins, ces élastiques n'ont pas que des avantages. En effet, la mise en place d'élastiques séparateurs entraîne l'application de forces sur le ligament parodontal, qui déplacent la dent et induisent une réaction inflammatoire par la compression du ligament. Un large panel de médiateurs de l'inflammation est produit et relâché par le ligament parodontal, avec un pic à 24 heures après l'insertion. Après la mise en place des séparateurs, une augmentation significative des interleukines 1 (IL-1) est observée, et ce dès la première heure suivant la pose. Après sept jours, ces médiateurs de l'inflammation diminuent mais sans atteindre à nouveau leur niveau de base. La production de prostaglandines E2 (PGE2) intervient plus tard (à 24 heures après la pose des élastiques), suggérant que les IL-1 pourraient avoir un rôle stimulant sur celles-ci. Ces deux médiateurs de l'inflammation ont montré une association avec la douleur ressentie par le patient à 1 heure et 24 heures post pose des élastiques. Cette douleur est néanmoins évaluée comme globalement peu élevée, et plutôt décrite comme un inconfort (Giannopoulou *et al.* 2006). La prise de paracétamol ou ibuprofène 1 heure avant le rendez-vous n'a pas d'effet significatif sur la douleur ressentie (Bird *et al.* 2007)

Comme nous l'avons signalé plus tôt, les séparateurs, et notamment les séparateurs élastomériques, sont sources de rétention de plaque (Forsberg *et al.* 1991; McLaughlin *et al.* 1996). La pose de séparateurs a montré un risque significatif de survenue d'une bactériémie (Lucas *et al.* 2002; Umeh *et al.* 2016). De plus, l'oubli d'un élastique séparateur qui se serait glissé sous la gencive marginale pendant la

période de séparation peut provoquer une destruction sévère du parodonte adjacent à l'élastique. Le praticien doit donc être très vigilant et rechercher activement la présence éventuelle du séparateur sous la gencive marginale quand celui-ci n'est plus présent dans l'espace inter-proximal sus-gingival (Al-Qutub 2012; Nettem *et al.* 2012).

3.2.2. Quel ciment ?

D'après Degrange, « Ce qui définit un ciment c'est son mode de durcissement. Un ciment durcit par réaction acide-base. ». Il distingue les ciments classiques (qui contiennent tous de l'eau pour permettre l'ionisation nécessaire à la réaction, et qui, quel que soit leur nature chimique présentent une cohésion assez faible), des matériaux hybrides qui associent les composants des ciments verre-ionomères à ceux d'une colle composite (représentés par les ciments verre-ionomères modifiés par adjonction de résine et les compomères) (Chéron et Degrange, 2007).

Il existe 6 grands types de ciment décrits pour sceller les bagues en orthodontie (Millett *et al.* 2016) :

- * Ciments à base de silicophosphate de zinc
 - * Ciments à base de phosphate de zinc
 - * Ciments à base de carboxylate de zinc
 - * Ciments verre-ionomères
 - * Compomères
 - * Ciments verre-ionomères modifiés.
-
- Les ciments au phosphate de zinc (Ewoldsen et Demke 2001; Foley *et al.* 2002; Decrucq *et al.* 2009)

Ce sont les ciments les plus anciennement employés, introduits en 1878 ils ont été largement utilisés pour le scellement des bagues. La rétention est uniquement mécanique par microclavetage. Sa formation se fait par un mélange entre un acide orthophosphorique (liquide) et un oxyde de zinc (poudre). La réaction est incomplète laissant de l'acide résiduel et donc un pH bas (aux alentours de 5). Cette acidité entraîne un risque de décalcification (Foley *et al.* 2002) voire des réactions pulpaires

et irritations gingivales. De plus, c'est un ciment fragile avec une faible résistance à la traction (Maijer et Smith 1988), hors les molaires sont sujettes à des forces de traction et de cisaillement importantes, son utilisation est donc à éviter.

- Les ciments polycarboxylates (Norris *et al.* 1986; Ewoldsen et Demke 2001; Foley *et al.* 2002; Decrucq *et al.* 2009)

Introduits en 1968 et considérés comme les précurseurs des CVI en raison de leur potentiel d'adhésion à l'émail, ils sont formés par la réaction entre un oxyde de zinc et d'albumine et une solution aqueuse d'acide polyacrylique. De nombreux ciments sont enrichis en ions fluorures pour lutter contre la déminéralisation. Ils possèdent des propriétés mécaniques moindres que celles des ciments au phosphate de zinc et leur solubilité est importante. Ils sont difficiles à utiliser cliniquement car leur prise rapide et leur consistance visqueuse ne permettent qu'un temps de travail court. Avec l'avènement des CVI leur utilisation en orthodontie est devenue obsolète.

- Les ciments à base de verre-ionomère (CVI) (Ewoldsen et Demke 2001; Foley *et al.* 2002; Chéron R., et Degrange M., 2007; Proffit *et al.* 2014)

Ils sont formés par une réaction acide/base entre une poudre de verre riche en calcium, en silicate d'alumine et en ions fluorures ; et un acide polyalkénoïque (le liquide). Ils possèdent la capacité d'adhérer chimiquement au tissu amélaire par des connexions ioniques entre l'acide polyalkénoïque et le calcium de l'hydroxyapatite amélaire (Yoshida *et al.* 2000). Cette adhésion se fait directement à la surface de la dent, mais un traitement de surface par un acide polyacrylique permet de potentialiser la liaison entre la surface dentaire et le CVI (Decrucq *et al.* 2009). Par le même mécanisme, ils possèdent un potentiel d'adhésion aux oxydes métalliques, que ce soit ceux des alliages non précieux ou ceux contenus dans les céramiques.

Faciles d'utilisation grâce à leur faible viscosité et leur temps de travail suffisant, les CVI ont montré *in vitro* une force de résistance à la traction égale aux deux ciments historiques. Leur force de compression est somme toute supérieure, et ils présentent une nette supériorité biologique grâce à leur potentiel d'adhésion au tissu dentaire (Norris *et al.* 1986). Moins solubles que les ciments jusqu'alors utilisés, ils ont diminué considérablement le risque de dessiccation du ciment, diminuant le risque de caries

en nappe. En effet, leurs excellentes propriétés biologiques, résultat de leur biocompatibilité et de la libération d'ions fluorures, assurent une protection contre la carie. Leur résistance propre est inférieure à la force d'adhésion à la surface amélaire, c'est pourquoi ils sont souvent modifiés avec adjonction de résine et photopolymérisables (ciments verre-ionomères modifiés par adjonction de résine et compomères). Ils ont remplacé les ciments au phosphate de zinc et les ciments polycarboxylates dans les cabinets. Leur résistance à la fracture assez faible limite leur utilisation orthodontique au scellement des bagues.

- Les ciments verre-ionomères modifiés par adjonction de résine (CVIMAR) (Chéron et Degrange , 2007 ; Proffit *et al.*, 2014 ; Ewoldsen, Demke, 2001)

Les CVIMAR combinent les propriétés des CVI avec la force apportée par le composant résineux grâce à l'adhésion micro-mécanique des brides résineuses dans les irrégularités de surface (monomères acryliques hydrophiles et amorceurs de polymérisation entre 10 et 20% de la composition). Leur réaction de prise associe la réaction acide/base avec la réaction de polymérisation photochimique des résines et ils sont généralement utilisés comme des ciments. Certains d'entre eux ne requièrent aucun traitement de la surface après nettoyage (Ketac Cem Plus™ (3M, Monrovia, USA)), pour d'autres l'application d'un prétraitement acide est recommandée pour une meilleure adhésion (Fuji Ortho™ (GC, Tokyo, Japon)). Leur présentation en capsule, mélangée dans un vibreur, simplifie la procédure clinique de mélange de la poudre et du liquide. La photopolymérisation assure une prise beaucoup plus rapide que la réaction acide-base, permettant une amélioration des propriétés physiques immédiates et notamment en ce qui concerne la résistance à la fracture.

Ils sont capables de relarguer des ions fluorures au contact de la surface amélaire autant que les CVI, assurant la même résistance de l'émail à la déminéralisation, sans perdre en force d'adhésion. Leur charpente résineuse augmente significativement leurs propriétés mécaniques et les rend plus résistants à la solubilité. Ils sont plus résistants à la traction et à la compression que les ciments historiquement utilisés. En revanche, malgré une bonne tolérance à l'humidité (la même que celle des CVI), en cas de contamination salivaire pendant la prise, ils deviennent plus fragiles et moins résistants au décollement. Les CVIMAR ont également été montrés comme les plus

efficaces pour le scellement des couronnes métalliques avec alliage à base d'or, si possible après sablage de la couronne (Youn *et al.* 2007).

- Les compomères (Chéron et Degrange, 2007 ; Ewoldsen, Demke, 2001)

Les compomères sont presque des colles composites hydrophiles. Ils ont été développés pour apporter une adhésion chimique et un potentiel d'inhibition carieuse aux résines. Ils se présentent comme un seul composant. Leur matrice résineuse contient des composantes acides, des charges inertes d'un composite classique, et des charges basiques réactives d'un verre ionomère. Il n'y a pas d'eau dans leur composition, leur prise se fait donc uniquement par polymérisation et il n'y a pas de réaction acide-base pendant la polymérisation. La réaction acide-base se produit supposément après durcissement, au contact des fluides oraux, quand de l'eau est absorbée dans le compomère, permettant un relargage d'ions fluorures mais de manière anecdotique (6 à 60 fois inférieur aux CVI à 24 heures). Contrairement aux CVIMAR, ils n'ont pas de potentiel d'auto-adhésion et nécessitent donc un mordantage préalable de la surface suivi d'un séchage soigneux. Aucun échange ionique entre le matériau et la surface dentaire ou les ions métalliques d'une restauration n'a été démontrée. Leurs propriétés physiques sont acquises rapidement mais, bien que supérieures aux CVIMAR, elles sont inférieures aux résines composites. Ils ont donc un intérêt clinique limité.

- Quel est le meilleur ciment pour le scellement des bagues sur les molaires ?

Les ciments sont des matériaux fragiles avec une bonne résistance à la compression mais une faible résistance à la traction et une faible résistance à la fracture.

In vitro les CVI permettent une réduction de l'acidité provoquée par les *S. mutans* et une perturbation de leur formation en biofilm. Cette activité anti-cariogénique est liée au relargage d'ions fluorures par ces matériaux (plus il est important moins le biofilm observé est virulent). Cliniquement elle peut jouer un rôle anti-caries si le taux d'ions fluorures relâché dans l'environnement est suffisant (Chau *et al.* 2015).

Malgré ces avantages, il n'existe pas de preuve suffisante pour désigner le meilleur ciment capable de sceller les bagues sur les molaires (Millett *et al.* 2016).

- Cas particulier : scellement des bagues sur les molaires avec restauration prothétique

Une étude in vitro de trois types de ciments utilisés pour le maintien des bagues sur dents restaurées avec des couronnes céramiques (Herion *et al.* 2007) n'a trouvé aucune différence significative en termes de résistance au descellement des bagues, qu'elles soient scellées avec du CVI, du CVIMAR ou du compomère. En revanche, elle met en évidence une différence de résistance à la fatigue, et suggère que cliniquement, les bagues résisteraient mieux au descellement sur le long terme en étant scellées avec un CVIMAR ou un compomère, plutôt qu'avec un CVI classique. Elle rappelle également qu'une bague scellée sur une dent prothétique a une rétention moindre qu'une bague scellée sur une dent naturelle.

3.3.3. Traitement de l'intrados de la bague

Il semble que le traitement de l'intrados de la bague joue un rôle non négligeable dans sa rétention. La plupart des échecs de scellement avec l'utilisation des CVI se situent à l'interface bague-ciment. C'est pourquoi les industriels ont développé des techniques pour rendre la surface de l'intrados plus rétentive. La technique de *micro-etching* de la bague permet une diminution très nette des échecs de collage (Hodges *et al.* 2001).

3.3.4. Mise en place de la bague

La mise en place des bagues se fera après séparation et la bague sera ajustée à la dent grâce à la force des muscles masticateurs en complément de la force du praticien : il sera demandé au patient de mordre sur l'enfoncé bague pour aider à la mise en place finale de la bague (Proffit *et al.* 2014). Les bagues préformées sont faites pour être mises en place en suivant une séquence bien précise : pour les molaires maxillaires d'abord en mesial et distal pour amener la bague près de la gencive marginale puis ajuster au niveau mesio-vestibulaire et disto-lingual et enfin demander au patient de mordre sur l'enfoncé bague placé en disto-lingual ; pour les molaires mandibulaires la bague sera ajustée manuellement en mésio-distal puis il sera demandé au patient d'exercer une pression forte au niveau vestibulaire mais jamais linguale.

La totalité de la surface de l'intrados doit être recouverte de ciment avant la mise en place de la bague. Pour assurer un bon étalement du ciment en gingival aussi bien qu'en occlusal, la surface occlusale de la bague sera recouverte par un doigt lors du scellement.

4. Tableau récapitulatif

Avantages et Inconvénients	Tube	Bague
Rapport coût/efficacité	Dépendant des préférences du praticien	Dépendant des préférences du praticien
Risque parodontal	Préférable	Plus à risque
Risque carieux	Plus à risque	Préférable
Anomalies de structure dentaire	Possible si fluorose	Fortement recommandé en cas de MIH, AI, DI
Molaire partiellement évoluée	Collage possible d'un demi-tube si isolation satisfaisante	Gingivectomie obligatoire si capuchon muqueux infranchissable
Confort du patient	Equivalent	Equivalent
Forces lourdes et intermittentes	A risque de décollement	Préférable
Appareillage supplémentaire vestibulaire ou lingual	Tube auxiliaire et ajout d'une attache linguale supplémentaire nécessaire	Adapté
Molaires porteuses de restaurations étendues	Possible mais plus à risque de décollement	Recommandé
Création d'espaces proximaux	Non	Oui
Traitement ortho-chirurgical	A éviter	Recommandé

Tableau 8 Synthèse des avantages et inconvénients des tubes ou des bagues

5. Conclusion

Le choix de l'attache utilisée peut conditionner le bon déroulement du traitement. L'utilisation d'une bague ou d'un tube est influencée par de nombreux facteurs qui devront être analysés par le praticien avant le collage.

L'orthodontie de demain se tourne vers des hybrides entre attache collée et bague scellée grâce à l'apport de la technologie numérique. Ainsi, après empreinte numérique, le laboratoire peut fabriquer des attaches sur mesure. L'orthodontiste pourra ainsi utiliser des attaches sans avoir besoin de rendez-vous pour pose de séparateurs, sans stockage ni essayage de bagues, en préservant les points de contact. Il gagnera ainsi du temps et facilitera la logistique du cabinet.

6. Bibliographie

Références bibliographiques

1. Abanto Alvarez J, Rezende KMPC, Marocho SMS, Alves FBT, Celiberti P, Ciamponi AL. Dental fluorosis: exposure, prevention and management. *Med Oral Patol Oral Cirurgia Bucal*. 2009; 14(2): E103-7.
2. Abufarwa M, Voorhees RD, Varanasi VG, Campbell PM, Buschang PH. White spot lesions: Does etching really matter? *J Investig Clin Dent*. 2018; 9(1): e12285.
3. Agrawal N, Kundu D, Agrawal K, Singhal A. Comparison of longitudinal changes in clinical periodontal parameters of canines and first molars treated with fixed orthodontic appliances. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2016; 149(3): 325-30.
4. Alexander SA. Effects of orthodontic attachments on the gingival health of permanent second molars. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1991; 100(4): 337-40.
5. Al-Qutub MN. Orthodontic elastic band-induced periodontitis: A case report. *Saudi Dent J*. 2012; 24(1): 49-53.
6. Andreasen GF. The importance of banding the second permanent molars. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1986; 90(6): 501-2.
7. d'Arbonneau F, Foray H. F. d'Arbonneau, H. Foray. Hypominéralisation molaires incisives. *EMC - Médecine buccale*. 2010 : 1-6. [Article 28-270-C-10]
8. Arkutu N, Gadhia K, McDonald S, Malik K, Currie L. Amelogenesis imperfecta: the orthodontic perspective. *Br Dent J*. 2012; 212(10): 485-9.
9. Auschill TM, Arweiler NB, Brex M, Reich E, Sculean A, Netuschil L. The effect of dental restorative materials on dental biofilm. *Eur J Oral Sci*. 2002; 110(1): 48-53.
10. Badawi H, Evans RD, Wilson M, Ready D, Noar JH, Pratten J. The effect of orthodontic bonding materials on dental plaque accumulation and composition in vitro. *Biomaterials*. 2003; 24(19): 3345-50.
11. Barbosa IV, Ladewig V de M, Almeida-Pedrin RR, Cardoso MA, Santiago Junior JF, Conti AC de CF. The association between patient's compliance and age with the bonding failure of orthodontic brackets: a cross-sectional study. *Prog Orthod*. 2018; 19(1): 11.
12. Baricevic M, Mravak-Stipetic M, Majstorovic M, Baranovic M, Baricevic D, Loncar B. Oral mucosal lesions during orthodontic treatment. *Int J Paediatr Dent*. 2011; 21(2): 96-102.
13. Baron C, Houchmand-Cuny M, Enkel B, Lopez-Cazaux S. Prevalence of dental anomalies in French orthodontic patients: A retrospective study. *Arch Pediatr*. 2018; 25(7): 426-30.

14. Barron MJ, McDonnell ST, Mackie I, Dixon MJ. Hereditary dentine disorders: dentinogenesis imperfecta and dentine dysplasia. *Orphanet J Rare Dis.* 2008; 3: 31.
15. Beckwith FR, Ackerman RJ, Cobb CM, Tira DE. An evaluation of factors affecting duration of orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1999; 115(4): 439-47.
16. Beerens MW, Boekitwetan F, van der Veen MH, ten Cate JM. White spot lesions after orthodontic treatment assessed by clinical photographs and by quantitative light-induced fluorescence imaging; a retrospective study. *Acta Odontol Scand.* 2015; 73(6): 441-6.
17. Benson PE, Higham SM, Pender N. An in vitro assessment using transverse microradiography of the effect on mineral loss of etching enamel for in situ studies. *Orthod Craniofac Res.* 2003; 6(4): 242-9.
18. Benson PE, Parkin N, Dyer F, Millett DT, Furness S, Germain P. Fluorides for the prevention of early tooth decay (demineralised white lesions) during fixed brace treatment. *Cochrane Database Syst Rev.* 2013; (12): CD003809.
19. Bird SE, Williams K, Kula K. Preoperative acetaminophen vs ibuprofen for control of pain after orthodontic separator placement. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2007; 132(4): 504-10.
20. Bishara SE, Vonwald L, Zamtua J, Damon PL. Effects of various methods of chlorhexidine application on shear bond strength. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1998; 114(2): 150-3.
21. Boersma JG, van der Veen MH, Lagerweij MD, Bokhout B, Prahl-Andersen B. Caries prevalence measured with QLF after treatment with fixed orthodontic appliances: influencing factors. *Caries Res.* 2005; 39(1): 41-7.
22. Boileau MJ. *Orthodontie de l'enfant et du jeune adulte, Tome 1: Principes et moyens thérapeutiques.* Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson ; 2011. 280 p.
23. Bollen AM, Cunha-Cruz J, Bakko DW, Huang GJ, Hujoel PP. The Effects of Orthodontic Therapy on Periodontal Health: A Systematic Review of Controlled Evidence. *J Am Dent Assoc.* 2008; 139(4): 413-22.
24. Boyd RL, Baumrind S. Periodontal considerations in the use of bonds or bands on molars in adolescents and adults. *Angle Orthod.* 1992; 62(2): 117-26.
25. Boyd RL, Leggott PJ, Quinn RS, Eakle WS, Chambers D. Periodontal implications of orthodontic treatment in adults with reduced or normal periodontal tissues versus those of adolescents. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1989; 96(3): 191-8.
26. Burden DJ, Coulter WA, Johnston CD, Mullally B, Stevenson M. The prevalence of bacteraemia on removal of fixed orthodontic appliances. *Eur J Orthod.* 2004; 26(4): 443-7.

27. Canal P, Delsol L, Wiechmann D. Orthodontie linguale. Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson ; 2016. 288 p.
28. Canal P, Salvadori A. Orthodontie de l'adulte: Rôle de l'orthodontie dans la réhabilitation générale de l'adulte. Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson ; 2011. 296 p.
29. Cehreli SB, Sar C, Polat-Özsoy O, Unver B, Ozsoy S. Effects of a fluoride-containing casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate complex on the shear bond strength of orthodontic brackets. *Eur J Orthod.* 2012; 34(2): 193-7.
30. Cehreli ZC, Kecik D, Kocadereli I. Effect of self-etching primer and adhesive formulations on the shear bond strength of orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2005; 127(5): 573-9; quiz 625-6.
31. Chau NPT, Pandit S, Cai JN, Lee MH, Jeon JG. Relationship between fluoride release rate and anti-cariogenic biofilm activity of glass ionomer cements. *Dent Mater.* 2015; 31(4): e100-8.
32. Chéron R, Degrange M. Colles et ciments s'y retrouver et choisir. *Inf Dent.* 2007 ; (4) : 127-36.
33. Corbacho de Melo MM, Cardoso MG, Faber J, Sobral A. Risk factors for periodontal changes in adult patients with banded second molars during orthodontic treatment. *Angle Orthod.* 2012; 82(2): 224-8.
34. Costantinides F, Clozza E, Ottaviani G, Gobbo M, Tirelli G, Biasotto M. Antibiotic prophylaxis of infective endocarditis in dentistry: clinical approach and controversies. *Oral Health Prev Dent.* 2014; 12(4): 305-11.
35. Cruz CL, Edelstein BL. Linking orthodontic treatment and caries management for high-risk adolescents. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2016; 149(4): 441-2.
36. Cueto EI, Buonocore MG. Sealing of pits and fissures with an adhesive resin: its use in caries prevention. *J Am Dent Assoc* 1939.1967; 75(1): 121-8.
37. Cueto HI. A little bit of history: The first direct bonding in orthodontia. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1990; 98(3): 276-7.
38. Cury JA, de Oliveira BH, dos Santos APP, Tenuta LMA. Are fluoride releasing dental materials clinically effective on caries control? *Dent Mater.* 2016; 32(3): 323-33.
39. Dajani AS, Taubert KA, Wilson W, Bolger AF, Bayer A, Ferrieri P, et coll. Prevention of Bacterial Endocarditis: Recommendations by the American Heart Association. *J Am Dent Assoc.* 1997; 277(22): 1794-801.
40. Davis SM, Plonka AB, Fulks BA, Taylor KL, Bashutski J. Consequences of orthodontic treatment on periodontal health: Clinical and microbial effects. *Semin Orthod.* 2014; 20(3): 139-49.

41. Decrucq E, Devisse T, Benhammadi O. [Materials for cementing and bonding]. *Orthod Fr.* 2009; 80(1): 87-96.
42. Degling TE. Orthodontics, Bacteremia, and the Heart Damaged Patient. *Angle Orthod.* 1972; 42(4): 399-402.
43. Proffit WR, Jr HWF. *Contemporary Orthodontics*. 5th Revised edition. St. Louis, Mo: Mosby; 2012.
44. Erverdi N, Acar A, Işgüden B, Kadir T. Investigation of bacteremia after orthodontic banding and debanding following chlorhexidine mouth wash application. *Angle Orthod.* 2001; 71(3): 190-4.
45. Erverdi N, Biren S, Kadir T, Acar A. Investigation of bacteremia following orthodontic debanding. *Angle Orthod.* 2000; 70(1): 11-4; discussion 15.
46. Erverdi N, Kadir T, Ozkan H, Acar A. Investigation of bacteremia after orthodontic banding. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1999; 116(6): 687-90.
47. Ewoldsen N, Demke RS. A review of orthodontic cements and adhesives. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2001; 120(1): 45-8.
48. Farret MM, de Lima EM, Mota EG, Oshima HMS, Barth V, de Oliveira SD. Can we add chlorhexidine into glass ionomer cements for band cementation? *Angle Orthod.* 2011; 81(3): 496-502.
49. Featherstone JD. Prevention and reversal of dental caries: role of low level fluoride. *Community Dent Oral Epidemiol.* 1999; 27(1): 31-40.
50. Foley T, Aggarwal M, Hatibovic-Kofman S. A comparison of in vitro enamel demineralization potential of 3 orthodontic cements. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2002; 121(5): 526-30.
51. Forsberg CM, Brattström V, Malmberg E, Nord CE. Ligature wires and elastomeric rings: two methods of ligation, and their association with microbial colonization of *Streptococcus mutans* and *lactobacilli*. *Eur J Orthod.* 1991; 13(5): 416-20.
52. Frapier L, Massif L. Orthodontie et parodontie. EMC – Odontologie/Orthopédie dentofaciale. 2016 ; 11(1) : 1-21. [Article 23-490-A-07]
53. Gebeile-Chauty S, Molle A, Valéro C, Aknin JJ. Attaches orthodontiques et modifications de l'émail et de l'organe pulpodentinaire. EMC - Odontologie/Orthopédie Dentofaciale. 2012 ; 7(4) : 1-13. [Article 23-490-A-05]
54. Ghiz MA, Ngan P, Kao E, Martin C, Gunel E. Effects of sealant and self-etching primer on enamel decalcification, Part II: an in-vivo study. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2009; 135(2): 206-13.
55. Giannopoulou C, Dudic A, Kiliaridis S. Pain discomfort and crevicular fluid changes induced by orthodontic elastic separators in children. *J Pain Off J Am Pain Soc.* 2006; 7(5): 367-76.

56. Godoy F, Laureano Filho JR, Rosenblatt A, O’Ryan F. Prevalence of banding and bonding molar brackets in orthognathic surgery cases. *J Oral Maxillofac Surg.* 2011; 69(3): 911-6.
57. Gomes SC, Varela CC, da Veiga SL, Rösing CK, Oppermann RV. Periodontal conditions in subjects following orthodontic therapy: A preliminary study. *Eur J Orthod.* 2007; 29(5): 477-81.
58. Graber LW, Vanarsdall RL, Vig KWL, Huang GJ. *Orthodontics : Current Principles and Techniques.* St Louis : Elsevier Health Sciences; 2016. 928 p.
59. Herion T, Ferracane JL, Covell DA. Three cements used for orthodontic banding of porcelain molars. *Angle Orthod.* 2007; 77(1): 94-9.
60. Heymann GC, Grauer D. A contemporary review of white spot lesions in orthodontics. *J Esthet Restor Dent.* 2013; 25(2): 85-95.
61. Hitmi L. Collage indirect des attaches orthodontiques vestibulaires. *EMC - Odontologie/Orthopédie Dentofaciale.* 2012 ; 7(3) : 1-17. [Article 23-490-C-60]
62. Hitmi L, Attal JP, Degrange M. [The various families of composite adhesives: presentation and experimentation]. *Orthod Fr.* 2002; 73(1): 39-58.
63. Hitmi L, Muller C, Mujajic M, Attal JP. An 18-month clinical study of bond failures with resin-modified glass ionomer cement in orthodontic practice. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2001; 120(4): 406-15.
64. Hodges SJ, Gilthorpe MS, Hunt NP. The effect of micro-etching on the retention of orthodontic molar bands: a clinical trial. *Eur J Orthod.* 2001; 23(1): 91-7.
65. Hosein I, Sherriff M, Ireland AJ. Enamel loss during bonding, debonding, and cleanup with use of a self-etching primer. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2004; 126(6): 717-24.
66. Hu H, Li C, Li F, Chen J, Sun J, Zou S, et coll. Enamel etching for bonding fixed orthodontic braces. *Cochrane Database Syst Rev.* 2013; (11): CD005516.
67. Ibarra G, Vargas MA, Armstrong SR, Cobbb DS. Microtensile bond strength of self-etching adhesives to ground and unground enamel. *J Adhes Dent.* 2002; 4(2): 115-24.
68. Ireland AJ, Sherriff M. The effect of pumicing on the in vivo use of a resin modified glass poly(alkenoate) cement and a conventional no-mix composite for bonding orthodontic brackets. *J Orthod.* 2002; 29(3): 217-20; discussion 196.
69. Ireland AJ, Soro V, Sprague SV, Harradine NWT, Day C, Al-Anezi S, et coll. The effects of different orthodontic appliances upon microbial communities. *Orthod Craniofac Res.* 2014; 17(2): 115-23.
70. Ismail AI, Sohn W, Tellez M, Amaya A, Sen A, Hasson H, et coll. The International Caries Detection and Assessment System (ICDAS): an integrated system for measuring dental caries. *Community Dent Oral Epidemiol.* 2007; 35(3): 170-8.

71. Janson G, Bombonatti R, Brandão AG, Henriques JFC, de Freitas MR. Comparative radiographic evaluation of the alveolar bone crest after orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2003; 124(2): 157-64.
72. de Jesus Tavares RR, Lima Bezerra G, de Souza Penha KJ, Torres CRG, Firoozmand LM. Er:YAG pre-treatment for bonding of orthodontic bracket: 1 year of in vitro treatment. *Clin Cosmet Investig Dent.* 2017; 9: 19-25.
73. Johnston CD, Burden DJ, Hussey DL, Mitchell CA. Bonding to molars--the effect of etch time (an in vitro study). *Eur J Orthod.* 1998; 20(2): 195-9.
74. Karaman AI, Uysal T. Effectiveness of a hydrophilic primer when different antimicrobial agents are mixed. *Angle Orthod.* 2004; 74(3): 414-9.
75. Keim RG, Gottlieb EL, Vogels DS, Vogels PB. 2014 JCO study of orthodontic diagnosis and treatment procedures, Part 1: results and trends. *J Clin Orthod.* 2014; 48(10): 607-30.
76. Kessler M. Interrelationships between orthodontics and periodontics. *Am J Orthod.* 1976; 70(2): 154-72.
77. Kim K, Heimisdottir K, Gebauer U, Persson GR. Clinical and microbiological findings at sites treated with orthodontic fixed appliances in adolescents. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2010; 137(2): 223-8.
78. Kindelan J, Tobin M, Roberts-Harry D, Loukota RA. Orthodontic and orthognathic management of a patient with osteogenesis imperfecta and dentinogenesis imperfecta: a case report. *J Orthod.* 2003; 30(4): 291-6.
79. Knösel M, Bojes M, Jung K, Ziebolz D, Renger S. [Increased susceptibility for white spot lesions by surplus orthodontic etching exceeding bracket base area]. *Orthod Fr.* 2015; 86(3): 233-44.
80. Lasmar M, Reher V, Laloo R, Reher P. Enamel demineralization and bracket bond strength when etching with acid and/or Er:YAG laser. *Aust Dent J.* 2012; 57(2): 190-5.
81. Liu H, Sun J, Dong Y, Lu H, Zhou H, Hansen BF, et coll. Periodontal health and relative quantity of subgingival *Porphyromonas gingivalis* during orthodontic treatment. *Angle Orthod.* 2011; 81(4): 609-15.
82. Lockhart PB, Brennan MT, Thornhill M, Michalowicz BS, Noll J, Bahrani-Mougeot FK, et coll. Poor oral hygiene as a risk factor for infective endocarditis-related bacteremia. *J Am Dent Assoc* 1939. 2009; 140(10): 1238-44.
83. Lucas VS, Omar J, Vieira A, Roberts GJ. The relationship between odontogenic bacteraemia and orthodontic treatment procedures. *Eur J Orthod.* 2002; 24(3): 293-301.
84. Lucchese A, Bondemark L, Marcolina M, Manuelli M. Changes in oral microbiota due to orthodontic appliances: a systematic review. *J Oral Microbiol.* 2018; 10(1): 1476645.

85. Lundström F, Krasse B. Caries incidence in orthodontic patients with high levels of *Streptococcus mutans*. *Eur J Orthod*. 1987A; 9(2): 117-21.
86. Lundström F, Krasse B. *Streptococcus mutans* and lactobacilli frequency in orthodontic patients: the effect of chlorhexidine treatments. *Eur J Orthod*. 1987b; 9(2): 109-16.
87. Lupan I, Sachdev S, Sannoufi E. Optimizing adhesion of orthodontic brackets to fluorosed teeth. *Romanian J Oral Rehabil*. 2011; 3(1): 4.
88. Ma Y, Zhang N, Weir MD, Bai Y, Xu HHK. Novel multifunctional dental cement to prevent enamel demineralization near orthodontic brackets. *J Dent*. 2017; 64: 58-67.
89. Maijer R, Smith DC. A comparison between zinc phosphate and glass ionomer cement in orthodontics. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1988; 93(4): 273-9.
90. Mandall NA, Hickman J, Macfarlane TV, Mattick RC, Millett DT, Worthington HV. Adhesives for fixed orthodontic brackets. *Cochrane Database Syst Rev*. 2018; 4: CD002282.
91. Mano MC, Mehdi S. Les systèmes de collage à l'émail en orthodontie. *Orthod Fr*. 2009 : 80(2) : 153-65.
92. Matalon S, Slutzky H, Weiss EI. Antibacterial properties of 4 orthodontic cements. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2005; 127(1): 56-63.
93. Mattick CR, Hobson RS. A comparative micro-topographic study of the buccal enamel of different tooth types. *J Orthod*. 2000; 27(2): 143-8.
94. Mattousch TJH, van der Veen MH, Zentner A. Caries lesions after orthodontic treatment followed by quantitative light-induced fluorescence: a 2-year follow-up. *Eur J Orthod*. 2007; 29(3): 294-8.
95. McCartney AC. Changing trends in infective endocarditis. *J Clin Pathol*. 1992; 45(11): 945-8.
96. McLaughlin JO, Coulter WA, Coffey A, Burden DJ. The incidence of bacteremia after orthodontic banding. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1996; 109(6): 639-44.
97. Millett DT, Doubleday B, Alatsaris M, Love J, Wood D, Luther F, et coll. Chlorhexidine-modified glass ionomer for band cementation? An in vitro study. *J Orthod*. 2005; 32(1): 36-42.
98. Millett DT, Glenny AM, Mattick RC, Hickman J, Mandall NA. Adhesives for fixed orthodontic bands. *Cochrane Database Syst Rev*. 2016; 10: CD004485.
99. Millett DT, Hallgren A, Fornell AC, Robertson M. Bonded molar tubes: a retrospective evaluation of clinical performance. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1999; 115(6): 667-74.

100. Millett DT, Mandall NA, Mattick RC, Hickman J, Glenny AM. Adhesives for bonded molar tubes during fixed brace treatment. *Cochrane Database Syst Rev.* 2017; 2: CD008236.
101. Millett DT, McCluskey LA, McAuley F, Creanor SL, Newell J, Love J. A comparative clinical trial of a compomer and a resin adhesive for orthodontic bonding. *Angle Orthod.* 2000; 70(3): 233-40.
102. Montasser MA. Effect of applying a sustained force during bonding orthodontic brackets on the adhesive layer and on shear bond strength. *Eur J Orthod.* 2011; 33(4): 402-6.
103. Moreira DM, Oei J, Rawls HR, Wagner J, Chu L, Li Y, et coll. A novel antimicrobial orthodontic band cement with in situ-generated silver nanoparticles. *Angle Orthod.* 2015; 85(2): 175-83.
104. Mougeot FKB, Saunders SE, Brennan MT, Lockhart PB. Associations between bacteremia from oral sources and distant-site infections: tooth brushing versus single tooth extraction. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2015; 119(4): 430-5.
105. Murray SD, Hobson RS. Comparison of in vivo and in vitro shear bond strength. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2003; 123(1): 2-9.
106. Nazir M, Walsh T, Mandall NA, Matthew S, Fox D. Banding versus bonding of first permanent molars: a multi-centre randomized controlled trial. *J Orthod.* 2011; 38(2): 81-9.
107. Nettem S, Kumar Nettemu S, Kumar K, Reddy V, Siva Kumar P. Spontaneous Reversibility of an Iatrogenic Orthodontic Elastic Band-induced Localized Periodontitis Following Surgical Intervention: Case Report. *Malays J Med Sci.* 2012; 19(4): 77-80.
109. Norris DS, McInnes-Ledoux P, Schwaninger B, Weinberg R. Retention of orthodontic bands with new fluoride-releasing cements. *Am J Orthod.* 1986; 89(3): 206-11.
110. O'Connell AC, Marini JC. Evaluation of oral problems in an osteogenesis imperfecta population. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1999; 87(2): 189-96.
111. Ogaard B, Rølla G, Arends J. Orthodontic appliances and enamel demineralization, Part 1: Lesion development. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1988; 94(1): 68-73.
112. Ostby AW, Bishara SE, Denehy GE, Laffoon JF, Warren JJ. Effect of self-etchant pH on the shear bond strength of orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2008; 134(2): 203-8.
113. Paschos E, Kleinschrodt T, Clementino-Luedemann T, Huth KC, Hickel R, Kunzelmann KH, et coll. Effect of different bonding agents on prevention of

- enamel demineralization around orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009; 135(5): 603-12.
114. Pascotto RC, Navarro MF de L, Capelozza Filho L, Cury JA. In vivo effect of a resin-modified glass ionomer cement on enamel demineralization around orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2004; 125(1): 36-41.
 115. Pashley DH, Tay FR. Aggressiveness of contemporary self-etching adhesives, Part II: etching effects on unground enamel. *Dent Mater.* 2001; 17(5): 430-44.
 116. Pithon MM, Dos Santos MJ, Andrade CSS, Leão Filho JCB, Braz AKS, de Araujo RE, et coll. Effectiveness of varnish with CPP-ACP in prevention of caries lesions around orthodontic brackets: an OCT evaluation. *Eur J Orthod.* 2015; 37(2): 177-82.
 117. Prabhavathi V, Jacob J, Kiran MS, Ramakrishnan M, Sethi E, Krishnan CS. Orthodontic cements and demineralization: an in vitro comparative scanning electron microscope study. *J Int Oral Health.* 2015; 7(2): 28-32.
 118. Proffit WR, Fields HW, Sarver DM. *Contemporary Orthodontics.* St Louis: Mosby; 2012. 768 p.
 119. de Queiroz SBF, Curioso PAB, Carvalho FSR, de Lima VN. Submandibular-space abscess from loss of a bonded molar tube during orthognathic surgery. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2013; 143(5): 735-7.
 120. Rajagopal R, Padmanabhan S, Gnanamani J. A comparison of shear bond strength and debonding characteristics of conventional, moisture-insensitive, and self-etching primers in vitro. *Angle Orthod.* 2004; 74(2): 264-8.
 121. Reynolds IR. A Review of Direct Orthodontic Bonding. *Br J Orthod.* 1975; 2(3): 171-8.
 122. Rezk-Lega F, Ogaard B, Arends J. An in vivo study on the merits of two glass ionomers for the cementation of orthodontic bands. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1991; 99(2): 162-7.
 123. Ripa LW, Gwinnett AJ, Buonocore MG. The « prismless » outer layer of deciduous and permanent enamel. *Arch Oral Biol.* 1966; 11(1): 41-8.
 124. Rogers S, Chadwick B, Treasure E. Fluoride-containing orthodontic adhesives and decalcification in patients with fixed appliances: a systematic review. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2010; 138(4): 390.e1-8; discussion 390-391.
 125. Roh WJ, Kang SG, Kim SJ. Multidisciplinary approach for a patient with dentinogenesis imperfecta and anterior trauma. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010; 138(3): 352-60.
 126. Sadowsky PL, Retief DH, Cox PR, Hernández-Orsini R, Rape WG, Bradley EL. Effects of etchant concentration and duration on the retention of orthodontic brackets: an in vivo study. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1990; 98(5): 417-21.

127. Sandham HJ, Nadeau L, Phillips HI. The effect of chlorhexidine varnish treatment on salivary mutans streptococcal levels in child orthodontic patients. *J Dent Res.* 1992; 71(1): 32-5.
128. Schanefeldt S, Foley TF. Bond strength comparison of moisture-insensitive primers. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2002; 122(3): 267-73.
129. Scheie AA, Arneberg P, Krogstad O. Effect of orthodontic treatment on prevalence of *Streptococcus mutans* in plaque and saliva. *Scand J Dent Res.* 1984; 92(3): 211-7.
130. Schlein RA, Kudlick EM, Reindorf CA, Gregory J, Royal GC. Toothbrushing and transient bacteremia in patients undergoing orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1991; 99(5): 466-72.
131. Schmit JL, Staley RN, Wefel JS, Kanellis M, Jakobsen JR, Keenan PJ. Effect of fluoride varnish on demineralization adjacent to brackets bonded with RMGI cement. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2002; 122(2): 125-34.
132. Scougall Vilchis RJ, Yamamoto S, Kitai N, Yamamoto K. Shear bond strength of orthodontic brackets bonded with different self-etching adhesives. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* Sept 2009; 136(3): 425-30.
133. Shaeran TAT, Samsudin AR. Dislodged Bonded Molar Tube into Wound during Orthognathic Surgery. *Case Rep Dent.* 2018; 2018: 6540945.
134. Sharma T, Phull TS, Rana T, Kumar V. Expressly fabricated molar tube bases: enhanced adhesion. *J Clin Diagn Res.* 2014; 8(6): ZD16-18.
135. Shields ED, Bixler D, el-Kafrawy AM. A proposed classification for heritable human dentine defects with a description of a new entity. *Arch Oral Biol.* 1973; 18(4): 543-53.
136. Shinya M, Shinya A, Lassila LVJ, Gomi H, Varrelä J, Vallittu PK, et coll. Treated enamel surface patterns associated with five orthodontic adhesive systems: surface morphology and shear bond strength. *Dent Mater J.* 2008; 27(1): 1-6.
137. Shungin D, Olsson AI, Persson M. Orthodontic treatment-related white spot lesions: A 14-year prospective quantitative follow-up, including bonding material assessment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010; 138(2): 136.e1-136.e8.
138. Silva-Benítez EL, Zavala-Alonso V, Martínez-Castanón GA, Loyola-Rodríguez JP, Patiño-Marin N, Ortega-Pedrajo I, et coll. Shear bond strength evaluation of bonded molar tubes on fluorotic molars. *Angle Orthod.* 2013; 83(1): 152-7.
139. Silverstone LM, Saxton CA, Dogon IL, Fejerskov O. Variation in the pattern of acid etching of human dental enamel examined by scanning electron microscopy. *Caries Res.* 1975; 9(5): 373-87.
140. Sinclair PM, Berry CW, Bennett CL, Israelson H. Changes in gingiva and gingival flora with bonding and banding. *Angle Orthod.* 1987; 57(4): 271-8.

141. Sorel O, Mano MC, Mehdi S. Collages particuliers. *Orthod Fr.* 2009; 80: 193-202.
142. Sudjalim TR, Woods MG, Manton DJ. Prevention of white spot lesions in orthodontic practice: a contemporary review. *Aust Dent J.* 2006; 51(4): 284-9; quiz 347.
143. Sukontapatipark W, el-Agroudi MA, Selliseth NJ, Thunold K, Selvig KA. Bacterial colonization associated with fixed orthodontic appliances: A scanning electron microscopy study. *Eur J Orthod.* 2001; 23(5): 475-84.
144. Thornberg MJ, Riolo CS, Bayirli B, Riolo ML, Van Tubergen EA, Kulbersh R. Periodontal pathogen levels in adolescents before, during, and after fixed orthodontic appliance therapy. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2009; 135(1): 95-8.
145. Tomás I, Diz P, Tobías A, Scully C, Donos N. Periodontal health status and bacteraemia from daily oral activities: systematic review/meta-analysis. *J Clin Periodontol.* 2012; 39(3): 213-28.
146. Tuncer C, Tuncer BB, Ulusoy C. Effect of fluoride-releasing light-cured resin on shear bond strength of orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2009; 135(1): 14.e1-6; discussion 14-15.
147. Umeh OD, Sanu OO, Utomi IL, Nwaokorie FO. Factors associated with odontogenic bacteraemia in orthodontic patients. *J West Afr Coll Surg.* 2016; 6(2): 52-77.
148. Uysal T, Amasyali M, Ozcan S, Sagdic D. Demineralization properties of newly erupted and mature premolars around orthodontic brackets: an in-vivo study. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2010; 137(5): 582.e1-6; discussion 582-583.
149. Vandersluis YR, Suri S. Infective endocarditis and orthodontic implications in children: A review of the literature. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2020; 157(1): 19-28.
150. van der Veen MH, Mattousch T, Boersma JG. Longitudinal development of caries lesions after orthodontic treatment evaluated by quantitative light-induced fluorescence. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2007; 131(2): 223-8.
151. Vinagre AR, Messias AL, Gomes MA, Costa AL, Ramos JC. Effect of time on shear bond strength of four orthodontic adhesive systems. *Rev Port Estomatol Med Dentária E Cir Maxilofac.* 2014; 55(3): 142-51.
152. Wang X, Wang B, Wang Y. Antibacterial orthodontic cement to combat biofilm and white spot lesions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2015; 148(6): 974-81.
153. Wang Z, Shen Y, Haapasalo M. Dental materials with antibiofilm properties. *Dent Mater.* 2014; 30(2): e1-16.
154. van Waveren Hogervorst WL, Feilzer AJ, Prahl-Andersen B. The air-abrasion technique versus the conventional acid-etching technique: A quantification of

- surface enamel loss and a comparison of shear bond strength. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2000; 117(1): 20-6.
155. Wenger NA, Atack NE, Mitchell CN, Ireland AJ. Peri-operative second molar tube failure during orthognathic surgery: two case reports. *J Orthod.* 2007; 34(2): 75-9.
156. Whittaker DK. Structural variations in the surface zone of human tooth enamel observed by scanning electron microscopy. *Arch Oral Biol.* 1982; 27(5): 383-92.
157. Yoshida Y, Van Meerbeek B, Nakayama Y, Snauwaert J, Hellemans L, Lambrechts P, et coll. Evidence of chemical bonding at biomaterial-hard tissue interfaces. *J Dent Res.* 2000; 79(2): 709-14.
158. Youn YA, Lee YK, Lee DY, Kim NY, Lim YK. Effect of surface treatment and type of cement on the retentive strength of orthodontic bands on gold alloy crowns. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2007; 132(6): 728.e1-6.
159. Zachrisson BJ. A posttreatment evaluation of direct bonding in orthodontics. *Am J Orthod.* 1977; 71(2): 173-89.
160. Zachrisson BU. Cause and prevention of injuries to teeth and supporting structures during orthodontic treatment. *Am J Orthod.* 1976; 69(3): 285-300.
161. Zachrisson BU, Alnaes L. Periodontal condition in orthodontically treated and untreated individuals, I: Loss of attachment, gingival pocket depth and clinical crown height. *Angle Orthod.* 1973; 43(4): 402-11.
162. Zachrisson BU, Alnaes L. Periodontal condition in orthodontically treated and untreated individuals, II: Alveolar bone loss: radiographic findings. *Angle Orthod.* 1974; 44(1): 48-55.
163. Zero DT. How the introduction of the acid-etch technique revolutionized dental practice. *J Am Dent Assoc* 1939. 2013; 144 Spec No: 47S-51S.
164. Zhang N, Chen C, Weir MD, Bai Y, Xu HHK. Antibacterial and protein-repellent orthodontic cement to combat biofilms and white spot lesions. *J Dent.* 2015; 43(12): 1529-38.
165. Zhang W, Daly CG, Mitchell D, Curtis B. Incidence and magnitude of bacteraemia caused by flossing and by scaling and root planing. *J Clin Periodontol.* 2013; 40(1): 41-52.

Références bibliographiques électroniques

166. AFSSAPS (Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé). Prescription des antibiotiques en pratique bucco-dentaire [Internet]. 2011 [cité 05 févr 2018]. Disponible sur : https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj1_4HX4urpAhWF3eAKHWWVCuQQFjABegQIBBAB&url=https%3A%2F%2Fansm.sante.fr%2Fcontent%2Fdownload%2F5297%2F52416%2Fversion%2F12%2Ffile%2FReco-Prescription-des-antibiotiques-en-pratique-buccodentaire_Septembre2011.pdf&usg=AOvVaw1OKRH6Wwi81kLBSfZtRQ4C
167. Bail G. Prise en charge des lésions carieuses initiales : proposition d'un protocole d'évaluation de la résine d'infiltration comme nouvelle approche thérapeutique [thèse d'exercice]. [Brest] : Université de Bretagne Occidentale. UFR d'odontologie de Brest ; 2012. Disponible sur: <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00726191/document>
168. ONCD (Ordre national des chirurgiens-dentistes). Charte ordinale : le consentement éclairé : éléments nécessaires et suffisants [Internet]. 2014 [cité 1 févr 2018]. Disponible sur: http://www.ordre-chirurgiens-dentistes.fr/uploads/media/CHARTE_CONSENTEMENT.pdf
169. Michel Degrange, Pourreyron L. Les systèmes adhésifs amélo-dentinaires [Internet]. 2009 [cité 6 févr 2018]. Disponible sur : <http://campus.cerimes.fr/odontologie/enseignement/chap12/site/html/cours.pdf>

DURAND Apolline : Traitement orthodontique multi-attache vestibulaire : sceller ou coller les molaires ?

Nancy 2020 : 92p, 22 figures, 8 tableaux

Th. Chir-Dent : NANCY : 2020

Mots clés :

- Collage
- Scellement
- Adhérence

DURAND Apolline : Traitement orthodontique multi-attache vestibulaire : sceller ou coller les molaires ?

Nancy 2020 : 92p, 22 figures, 8 tableaux

Th. Chir-Dent : NANCY : 2020

Le succès du traitement orthodontique avec appareil fixe est dépendant du succès de la liaison entre attaches orthodontiques et émail. Si les dents antérieures et prémolaires sont toujours collées ; les molaires quant à elles peuvent être collées ou scellées avant d'être prises en charge dans l'appareil multi-attache. A ce jour, il n'existe pas de consensus pour guider le praticien vers l'une ou l'autre alternative. Ce travail a pour but, dans un premier temps, de présenter les avantages et inconvénients des deux systèmes pour aider le praticien à choisir celui qui sera le plus adapté à la situation. Puis de synthétiser les bonnes pratiques permettant d'optimiser le collage et le scellement sur les molaires.

Examineurs de la thèse :

<u>Pr. MARTRETTE Jean-Marc</u>	Professeur des Universités	Président et Directeur
Dr. VANDE VANNET Bart	Maître de Conférence des Universités	Codirecteur
Dr. SCHOUVER Jacques	Maître de Conférence des Universités	Juge
Pr. AMBROSINI Pascal	Professeur des Universités	Juge
Dr. CUZIN Jean-François	Attaché Hospitalier Universitaire	Juge

Adresse de l'auteur :

Apolline DURAND
3 rue Lafayette
57000 Metz
Apolline.durand@yahoo.fr