

UNIVERSITE TOULOUSE III – PAUL SABATIER

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

ANNEE 2016

2016 TOU3 3055

THESE

POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement

Par

Isabelle ARAGON

Le 29 Septembre 2016

NETTOYAGE DE LA SURFACE AMELAIRE APRES DEPOSE DES ATTACHES ORTHODONTIQUES : ETUDE EX VIVO

Directeur de thèse : Pr Franck DIEMER

Co-Directeur de thèse : Dr Maxime ROTENBERG

JURY

Président :

Professeur Frédéric VAYSSE

1^{er} assesseur :

Professeur Franck DIEMER

2^{ème} assesseur :

Docteur Maxime ROTENBERG

3^{ème} assesseur :

Docteur Wei YAN-VERGNES



Faculté de Chirurgie Dentaire



➔ DIRECTION

DOYEN

Mr Philippe POMAR

ASSESEUR DU DOYEN

Mme Sabine JONOT

CHARGÉS DE MISSION

Mr Karim NASR
Mme Emmanuelle NOIRRIT-ESCLASSAN

PRÉSIDENTE DU COMITÉ SCIENTIFIQUE

Mme Anne-Marie GRIMOUD

RESPONSABLE ADMINISTRATIF

Mme Marie-Christine MORICE

➔ HONORARIAT

DOYENS HONORAIRES

Mr Jean LAGARRIGUE +
Mr Jean-Philippe LODTER
Mr Gérard PALOUDIER
Mr Michel SIXOU
Mr Henri SOULET

➔ ÉMÉRITAT

Mr Damien DURAN
Mme Geneviève GRÉGOIRE
Mr Gérard PALOUDIER

➔ PERSONNEL ENSEIGNANT

56.01 PÉDODONTIE

Chef de la sous-section : Mme BAILLEUL-FORESTIER

Professeurs d'Université : Mme BAILLEUL-FORESTIER, Mr VAYSSE
Maîtres de Conférences : Mme NOIRRIT-ESCLASSAN, Mme VALERA
Assistants : Mme DARIES, Mr MARTY
Adjoints d'Enseignement : Mr DOMINÉ

56.02 ORTHOPÉDIE DENTO-FACIALE

Chef de la sous-section : Mr BARON

Maîtres de Conférences : Mr BARON, Mme LODTER, Mme MARCHAL-SIXOU, Mr ROTENBERG,
Assistants : Mme GABAY-FARUCH, Mme YAN-VERGNES
Adjoints d'Enseignement : Mme MECHRAOUI, Mr MIQUEL

56.03 PRÉVENTION, ÉPIDÉMIOLOGIE, ÉCONOMIE DE LA SANTÉ, ODONTOLOGIE LÉGALE

Chef de la sous-section : Mr HAMEL

Professeurs d'Université : Mme NABET, Mr SIXOU
Maîtres de Conférences : Mr HAMEL, Mr VERGNES
Assistant : Mlle BARON
Adjoints d'Enseignement : Mr DURAND, Mr PARAYRE

57.01 PARODONTOLOGIE**Chef de la sous-section :** **Mr BARTHET**

Maîtres de Conférences : Mr BARTHET, Mme DALICIEUX-LAURENCIN

Assistants : Mr RIMBERT, Mme VINEL

Adjoints d'Enseignement : Mr CALVO, Mr LAFFORGUE, Mr SANCIER

57.02 CHIRURGIE BUCCALE, PATHOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE, ANESTHÉSIOLOGIE ET RÉANIMATION**Chef de la sous-section :** **Mr COURTOIS**

Maîtres de Conférences : Mr CAMPAN, Mr COURTOIS, Mme COUSTY

Assistants : Mme CROS, Mr EL KESRI Mme GAROBY-SALOM

Adjoints d'Enseignement : Mr FAUXPOINT, Mr L'HOMME, Mme LABADIE

57.03 SCIENCES BIOLOGIQUES (BIOCHIMIE, IMMUNOLOGIE, HISTOLOGIE, EMBRYOLOGIE. GÉNÉTIQUE, ANATOMIE PATHOLOGIQUE, BACTÉRIOLOGIE, PHARMACOLOGIE**Chef de la sous-section :** **Mr POULET**

Professeur d'Université : Mr KEMOUN

Maîtres de Conférences : Mme GRIMOUD, Mr POULET, Mr BLASCO-BAQUE

Assistants : Mr BARRAGUÉ, Mme DUBOSC, Mr LEMAITRE

Assistant Associé : Mme FURIGA-CHUSSEAU

Adjoints d'Enseignement : Mr SIGNAT, Mme VALERA, Mr BARRE

58.01 ODONTOLOGIE CONSERVATRICE, ENDODONTIE**Chef de la sous-section :** **Mr DIEMER**

Professeur d'Université : Mr DIEMER

Maîtres de Conférences : Mr GUIGNES, Mme GURGEL-GEORGELIN, Mme MARET-COMTESSE

Assistants : Mr BONIN, Mr BUORO, Mme DUEYMES, Mme. RAPP, Mr. MOURLAN

Assistant Associé : Mr HAMDAN

Adjoints d'Enseignement : Mr BALGUERIE, Mr ELBEZE, Mr MALLET

58.02 PROTHÈSES (PROTHÈSE CONJOINTE, PROTHÈSE ADJOINTE PARTIELLE, PROTHÈSE COMPLÈTE, PROTHÈSE MAXILLO-FACIALE)**Chef de la sous-section :** **Mr CHAMPION**

Professeurs d'Université : Mr ARMAND, Mr POMAR

Maîtres de Conférences : Mr BLANDIN, Mr CHAMPION, Mr ESCLASSAN, Mme VIGARIOS, Mr.DESTRUHAUT

Assistants : Mr. CHABRERON, Mr. GALIBOURG, Mr. KNAFO, Mme. SELVA, Mme. ROSCA

Adjoints d'Enseignement : Mr. BOGHANIM, Mr. FLORENTIN, Mr. FOLCH, Mr. GHRENASSIA,

Mme. LACOSTE-FERRE, Mr. POGÉANT, Mr. RAYNALDY, Mr. GINESTE

58.03 SCIENCES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES, OCCLUSODONTIQUES, BIOMATÉRIAUX, BIOPHYSIQUE, RADIOLOGIE**Chef de la sous-section :** **Mme JONIOT**

Maîtres de Conférences : Mme JONIOT, Mr NASR

Assistants : Mr CANIVET, Mme GARNIER, Mr MONSARRAT

Adjoints d'Enseignement : Mr AHMED, Mme BAYLE-DELANNÉE, Mr ETIENNE, Mme MAGNE, Mr TREIL, Mr VERGÉ

*L'université Paul Sabatier déclare n'être pas responsable des opinions émises par les candidats.**(Délibération en date du 12 Mai 1891).*

Mise à jour au 06 septembre 2016

Je dédie cette thèse :

A ma famille, pour votre soutien et votre amour inconditionnels

A mes amis, vous rendez ma vie plus belle

A mes enseignants d'Omnipratique et d'ODF qui ont rendu ces années si intéressantes

Au personnel administratif et hospitalier de Ranguel, pour votre gentillesse

Au Dr Marie-Catherine Valats, pour mes 1ers remplacements et à tout le cabinet de
Ramonville

A Guillaume, Je t'aime

A notre Président du jury :**Monsieur le Professeur Frédéric VAYSSE :**

Professeur des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie
Chef du Service d'Odontologie
Chef adjoint du pôle CVR
Docteur en Chirurgie Dentaire
Docteur de l'Université Paul Sabatier
Lauréat de l'Université Paul Sabatier
Diplôme d'Etudes Approfondies en Imagerie et Rayonnement en Médecine
Habilitation à Diriger les Recherches (HDR)

Vous nous faites l'honneur de présider notre jury de thèse et nous vous en sommes très reconnaissants. Nous tenions à vous remercier pour votre confiance, votre gentillesse et votre présence tout au long de notre internat. Vous nous avez intégrés à différentes activités qui nous ont permis d'avoir un exercice riche et de nous épanouir non seulement au sein de notre spécialité mais aussi et surtout en tant que membre d'une équipe hospitalière.

Veillez considérer ce travail comme la marque de notre reconnaissance et de tous nos remerciements.

A notre Co-Directeur de thèse :**Monsieur le Professeur Franck DIEMER :**

Professeur des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie
Responsable de la sous-section d'Odontologie Conservatrice, Endodontie
Docteur en Chirurgie Dentaire
D.E.A. de Pédagogie (Education, Formation et Insertion) Toulouse Le Mirail
Docteur de l'Université Paul Sabatier
Responsable du Diplôme Inter Universitaire d'Endodontie à Toulouse
Habilitation à diriger des recherches (H.D.R.)
Vice-Président de la Société Française d'Endodontie
Lauréat de l'Université Paul Sabatier

Nous vous sommes très reconnaissants d'avoir accepté de diriger notre thèse. Nous avons pu profiter de votre savoir et de votre implication auprès de vos étudiants dès nos études de chirurgie dentaire et nous vous remercions pour tout ce que vous nous avez apporté. Nous avons beaucoup de chance de vous compter parmi nos professeurs et nous vous remercions très sincèrement pour votre accompagnement tout au long de ce travail, votre entière disponibilité alors même que vous n'étiez pas censé travailler, et votre gentillesse à notre égard. Votre soutien nous a permis d'évoluer dans ce travail avec plus de sérénité.

Veillez trouver, ici, l'expression de notre plus grande estime et de notre sincère gratitude.

A notre Co-Directeur de thèse :

Monsieur le Docteur Maxime ROTENBERG :

Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie

Docteur en Chirurgie Dentaire

Spécialiste qualifié en Orthopédie Dento-Faciale

Maîtrise de Sciences Biologiques et Médicales

D.E.A. d'Anthropologie Génétique

Docteur de l'Université Paul Sabatier

Président de la Société Bioprogressive Ricketts

Coordinateur Inter-Régional DES ODF

Nous vous remercions très sincèrement d'avoir accepté de co-diriger ce travail. Vous avez été le pilier de notre internat, tant par votre implication auprès des internes, que par votre passion de l'enseignement et la transmission de votre savoir en orthodontie. Vous nous avez marqués par votre bonne humeur votre dynamisme, et votre gentillesse pour nous guider et nous rassurer dans les moments de doute. Notre internat n'aurait pas été le même sans vous.

Veillez trouver en ce travail le témoignage de notre plus grande reconnaissance et de notre profonde admiration.

A notre jury de thèse :**Madame le Docteur Wei YAN-VERGNES :**

Assistante hospitalo-universitaire d'Odontologie

Docteur en Chirurgie Dentaire

Master Sciences de la Vie et de la Santé – Recherche, mention : Santé Publique,
spécialité : Ethique

CES : mention : O.D.F

Certificat d'Etudes Cliniques Spéciales Mention : Orthodontie (CESMO)

C'est avec une profonde reconnaissance que nous vous remercions d'avoir accepté de siéger à notre jury. Nous vous remercions sincèrement pour votre impressionnante implication auprès de vos internes, votre dynamisme, et votre gentillesse. Vos qualités tant professionnelles qu'humaines ont marqué notre internat et l'ont rendu meilleur. Nous avons énormément appris à vos côtés et nous sommes chanceux de vous compter parmi nos amis.

Soyez assurée de notre plus grand respect et de notre sincère reconnaissance.

Avec mes remerciements :

- A tous les chirurgiens dentistes, internes et amis qui m'ont aidée à constituer mes échantillons de prémolaires.
- A Jean-François Boyer de la société STONER.
- A Mathieu Géraud de la société 3M.
- A Guy Dahan de la société ORMCO.
- A Benoit, Stéphanie et Simon de la plateforme de micro-caractérisation du génie physique de l'INSA de TOULOUSE.
- A Sébastien Déjean, Ingénieur en biostatistiques de l'Institut de Mathématiques de l'Université Paul Sabatier.
- A Sarah, Marie-Sophie, Carole, Guillaume et Lucas, mes évaluateurs.

Introduction	12
I. Enjeux de la dépose des attaches orthodontiques	14
1) Types de colles	14
a) Les familles de colles orthodontiques.....	15
i. Les colles traditionnelles hydrophobes	15
ii. Les colles hydrocompatibles	15
iii. Les colles auto-mordançantes	16
iv. Les CVIMAR.....	16
b) Protocole de collage.....	17
c) Cahier des charges.....	17
d) Atteintes tissulaires lors des différentes étapes	18
i. Nettoyage de la surface amélaire.....	18
ii. Mordançage.....	19
2) Dépose des attaches	20
a) Techniques.....	21
i. Dépose manuelle conventionnelle.....	21
ii. Techniques d'aide à la dépose.....	22
b) Atteintes tissulaires	23
3) Elimination de l'adhésif résiduel.....	24
a) Techniques.....	24
i. Instruments rotatifs.....	24
ii. Autres instruments.....	25
b) Atteintes tissulaires	26
4) Polissage de la surface amélaire	27
a) Techniques.....	27
b) Atteintes tissulaires	28
5) Les procédures de dépose d'attaches dans la littérature.....	29
II. Partie expérimentale.....	31
1) Etude des pratiques professionnelles des internes et anciens internes en ODF	31
a) Matériel et Méthode.....	31
b) Résultats	32
c) Discussion.....	33
2) Etude de faisabilité.....	34
3) Etude Ex vivo.....	35
a) Matériel et Méthode.....	35
b) Résultats	49
d) Discussion	58
4) Ressenti du patient.....	67
a) Matériel et Méthode.....	68
b) Aperçu des résultats.....	71
c) Discussion.....	73
Conclusion	75
Annexes	76
Table des illustrations.....	78
Index des tableaux.....	80
Bibliographie	81

Introduction

Les recherches de Buonocore, en 1955, montrant que le collage de deux plaques d'acier nécessite en premier lieu une application d'acide sur celles-ci, sont le point de départ à sa tentative de reproduire le protocole sur la surface amélaire (1). Puis Bowen, en 1962 crée les premières résines composites chargées et Newman, en 1965, décrit la première technique de collage des attaches orthodontiques par opposition au système jusque-là en vigueur de scellement de bagues sur chaque dent. Enfin Silverman en 1974 complète cette technique en y ajoutant le mordantage (2). Ainsi grâce à la création de rétentions mécaniques par mordantage de l'émail, l'utilisation de résine composite comme adhésif, puis l'apparition de nouveaux systèmes de collage toujours plus performants, nous collons aujourd'hui des attaches orthodontiques sur toute l'arcade. Actuellement l'enjeu de nos procédures est de respecter notre surface de travail : l'émail.

L'émail est un tissu d'origine épithéliale, le plus minéralisé de l'organisme. Ni vascularisé, ni innervé, il constitue ainsi la couche externe, visible et protectrice de la couronne dentaire (3). Sa structure est dite prismatique, avec présence de deux fines bandes aprismatiques (l'une proche de la jonction amélo-cémentaire et l'autre formant une bordure de surface). Les prismes amélaire sont séparés par une substance interprismatique, à la fois minérale et organique (glycoprotéines et cristaux d'apatite la composent). La phase minérale est prépondérante dans la composition de l'émail, ce qui est responsable de sa vulnérabilité aux attaques acides, et de sa nature dure, cassante, translucide et radio-opaque (4).

Au niveau microscopique on peut observer des lignes de croissance, les lignes de Retzius, qui correspondent à l'apposition successive d'émail. Elles représentent classiquement des zones moins calcifiées qui signifieraient une période de repos lors de l'amélogénèse (5). L'aboutissement de ces stries à la surface de l'émail se fait sous forme de sillons, appelés périkématies (3).

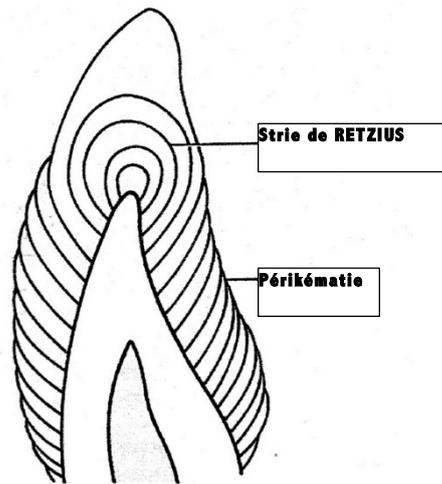


Figure 1 : Stries de Retzius selon Goldberg (6)

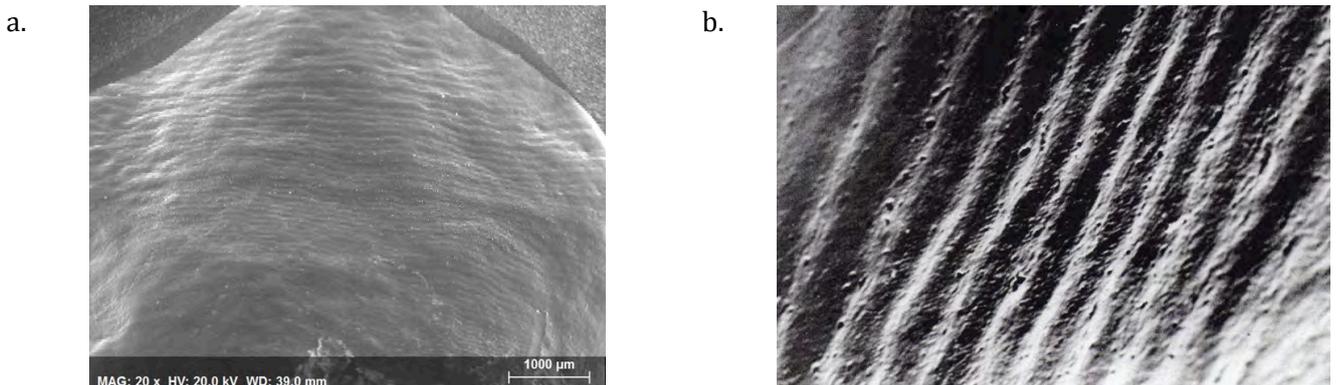


Figure 2 : a. Périkématies (surface vestibulaire, grossissement x20 au Microscope Electronique à Balayage MEB) Cliché Personnel (CP), b. Périkématies selon Kaqueler (7)

La dépose des attaches orthodontiques est un véritable enjeu pour le praticien dont le but est de restituer un émail de surface « ad integrum ». Elle peut être séparée en trois parties : la dépose des attaches, la dépose de l'adhésif résiduel et le polissage de la surface amélaire. Malheureusement cette étape est facilement iatrogène et nécessite connaissance et maîtrise de notre part.

Ainsi nous avons voulu étudier différents protocoles de dépose de la colle orthodontique, et les résultats sur l'état de surface amélaire. Après un rappel des enjeux du collage et du débaguage, nous exposerons notre travail d'évaluation de ces différents protocoles, la discussion en découlant se fera autour de la proposition d'un protocole adapté aux exigences du praticien et du patient en termes de confort, rapidité, efficacité et qualité.

I. Enjeux de la dépose des attaches orthodontiques

La dépose des attaches peut être séparée en trois étapes : dépose proprement dite, élimination de l'adhésif résiduel et polissage de la surface amélaire, durant lesquelles il peut survenir des altérations de l'émail (8). Ces altérations peuvent survenir au niveau de :

- Son intégrité
- Son épaisseur
- Son poli
- Sa brillance
- Sa teinte.

1) Types de colles

En orthodontie le terme de « colle » désigne tout ce qui permet de créer une liaison entre la dent et le bracket. Ainsi, trois éléments interviennent dans le collage (l'attache orthodontique, la colle et le substrat qui peut être de l'émail, métallique, céramique, résine composite) et constituent deux interfaces : l'interface dent/colle et l'interface colle/attache (9)(10).



Figure 3 : Interface de collage selon Hitmi (11)

a) Les familles de colles orthodontiques

On peut décrire quatre familles de colles utilisées en orthodontie (9) :

- Les colles traditionnelles hydrophobes ;
- Les colles hydro-compatibles ;
- Les colles auto-mordançantes ;
- Les ciments verres ionomères modifiés par adjonction de résine (CVIMAR).

i. Les colles traditionnelles hydrophobes

Les systèmes sont variés et peuvent être classés en fonction de leur mode de polymérisation. Les colles chémozpolymérisables se présentent soit en conditionnement pâte-pâte, soit en activateur-pâte. La dépose des systèmes pâte-pâte est difficile avec un risque d'altération de l'émail, notamment pour les attaches rigides et indéformables que sont les céramiques. L'inconvénient des systèmes activateur-pâte est son taux de conversion, fonction de la quantité de colle et de la qualité d'adaptation de l'attache sur la dent (d'où un décollement plus important dans le secteur prémolaire, car les attaches sont moins bien adaptées à la morphologie dentaire). Il existe, d'autre part un risque majeur de déminéralisation autour des attaches, quand la surface mordancée est supérieure à la taille de l'attache (la résine pénétrant à ce niveau ne sera pas polymérisée, ce qui est un bon support de croissance bactérienne).

Les systèmes photo-polymérisables sont, quant à eux, les plus utilisés et disposent d'un bon recul clinique. Les valeurs d'adhérence élevées, le traitement agressif de l'émail préalable ainsi que la rigidité du composite peuvent provoquer des altérations de l'émail à la dépose.

ii. Les colles hydrocompatibles

La modification se situe sur l'adhésif, on devrait donc plutôt parler « d'adhésif hydrocompatible ». La résine qui le constitue est toujours hydrophobe mais des monomères hydrophiles sont présents, ainsi qu'un solvant (acétone ou alcool) permettant de « chasser » l'humidité de la surface amélaire. Ces monomères améliorent le mouillage et l'infiltration de la résine sur une surface humide, rendant ce système moins sensible à l'humidité. Ces adhésifs peuvent alors être associés à un composite chémozpolymérisable ou photopolymérisable.

iii. Les colles auto-mordançantes

De même que précédemment, seul l'adhésif est auto-mordançant. Il a pour effet une déminéralisation et une infiltration concomitante de la résine. Ces systèmes réduisent le nombre d'étapes nécessaires du protocole de collage (12), et donc le risque d'erreur opératoire. L'attaque est beaucoup moins agressive que dans les systèmes classiques avec un mordantage à l'acide orthophosphorique, et les valeurs d'adhérence semblent compatibles avec les impératifs de nos traitements orthodontiques (11).

iv. Les CVIMAR

Existant en version chémo et photopolymérisable, les CVIMAR relarguent des ions fluor et supportent bien l'humidité résiduelle, ce qui est un avantage dans nos protocoles. De plus, l'absence de mordantage acide agressif permet de respecter l'intégrité de l'émail, leur potentiel d'adhésion résultant d'interactions physico-chimiques entre le matériau et la surface amélaire. Même si les valeurs d'adhérence sont nettement inférieures à celles des résines composites, il semble que les CVIMAR permettent une adhésion compatible avec les impératifs de nos traitements (13) (14). Pour une utilisation optimale, il est conseillé de réaliser un traitement de la surface amélaire à l'acide polyacrylique 10 % pendant 20 secondes (15) (l'efficacité de ce traitement est remise en cause par certains auteurs (16)). Cet acide faible permet d'une part de dépolluer la surface amélaire, et d'autre part d'augmenter la mouillabilité du CVIMAR qui contient la même molécule. Ce produit a un temps de travail limité au fauteuil. En effet, en raison de la réaction acide-base rapide, il nécessite un travail à quatre mains.



Figure 4 : Différents systèmes de collage (Cliché Dr Hitmi (9))

b) Protocole de collage

Les résines composites sont les matériaux de choix de l'orthodontiste, il faut respecter un certain nombre d'étapes avec précision afin d'obtenir un collage efficace.

1. Nettoyage de la surface amélaire
2. Mordançage
3. Rinçage et séchage
4. Mise en place de l'adhésif
5. Séchage
6. Positionnement de l'attache orthodontique enduite de résine composite
7. Polymérisation.

Les recherches sur les nouveaux produits de collage visent à réduire le risque d'erreur à chaque étape (en rendant les produits hydrocompatibles par exemple), ou à diminuer le nombre d'étapes (systèmes auto-mordançants).

c) Cahier des charges

Les matériaux de collage doivent non seulement être adaptés à leur substrat et à leur environnement qu'est la cavité buccale, mais aussi aux impératifs d'un traitement orthodontique. De plus, ils doivent également permettre une dépose aisée sans dommage de la surface de travail (8)(17).

Les principales propriétés d'un matériau introduit dans la cavité buccale sont (9) :

- Résistance aux agressions chimiques et physico-chimiques
- Résistance à la solubilité
- Biocompatibilité

Les principales propriétés d'un matériau utilisé en orthodontie sont (9) :

- Valeur d'adhésion suffisante pour éviter le décollement
- Propriétés mécaniques suffisantes car la tenue des attaches ne dépend pas uniquement de la valeur d'adhésion de la colle
- Temps de manipulation suffisant (multicollage des brackets)
- Etanchéité immédiate, devant être conservée dans le temps (pour éviter les problèmes de déminéralisation et de lésions carieuses sous la colle)
- Elimination aisée des excès
- Tolérance à la manipulation dans un milieu humide

- Dépose facile des attaches sans altération du substrat

Il n'existe cependant, à l'heure actuelle, aucun système permettant de répondre à l'ensemble de ce cahier des charges. L'orthodontiste doit donc faire un choix raisonné entre les systèmes proposés.

d) Atteintes tissulaires lors des différentes étapes

i. Nettoyage de la surface amélaire

La surface de l'émail est recouverte d'un biofilm acellulaire homogène appelé « pellicule exogène acquise ». Cette couche amorphe de polysaccharides et glycoprotéines, d'environ 5µm d'épaisseur, est déposée par la salive dans la cavité buccale. Un rinçage à l'eau ne suffisant pas à l'éliminer, il est indispensable de réaliser une abrasion par ponçage prophylactique ou par les acides avant le collage, afin d'exposer la surface amélaire sous-jacente et de permettre la liaison entre la colle et l'émail (18).

La technique de sablage peut également être utilisée pour nettoyer la surface amélaire. Elle consiste à envoyer des particules d'oxyde d'alumine, mélangées avec de l'eau, à haute vitesse, et le tout propulsé par de l'air comprimé. Cette technique ne permet pas de remplacer le mordantage car le sablage ne crée pas un relief assez anfractueux pour la rétention de la colle. Cependant, utilisée avant celui-ci, elle permet de renforcer la fiabilité du collage avec le composite (19). Pour Swartz le risque est d'éliminer des quantités excessives d'émail (20).

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des procédures de nettoyage avant collage. Thèse Louis Giraud (21)

Procédures de nettoyage	de	Epaisseur d'émail perdue	Commentaires
Détartrage		Nulle, rayures possibles selon l'affutage de l'insert	Indispensable en cas de tartre .
Brossette + ponce		De 10,7 µm selon HOSEIN et al. 2004 (22) à 17,38 µm selon THOMPSON et al. 1981 (23)	
Cupule + ponce		De 5 µm selon HOSEIN et al. 2004 (22) à 6,90 µm selon THOMPSON et al. 1981 (23)	
Aéropolissage		De 7 à 25 µm selon l'orientation de la buse GERBO et al. 1993 (24)	Efficacité équivalente au nettoyage à la brosette/cupule + ponce selon KHALEFA et al. 2013 (25)
Sablage		10 µm selon MEHDI et al. 2009 (26)	Peut remplacer la brosette+ponce lors du collage au composite selon REISNER et al. 1997 (27)

ii. Mordançage

Le mordançage permet de créer des sites de micro rétention sur la surface lisse et brillante qu'est l'émail, les brides résineuses venant s'ancrer dans ces sites. Selon le matériau de collage choisi par le praticien, la préparation du substrat sera différente : préparation chimique pour un collage avec de la résine composite, préparation mécanique (micro-sablage) pour les verres ionomères.

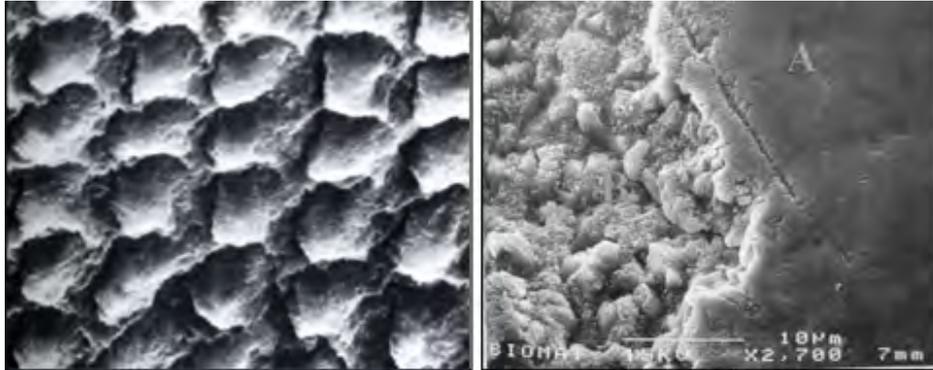


Figure 5 : Email non mordançé. Email après mordançage à l'acide orthophosphorique 37% pendant 30s, d'après Hitmi (9)

L'utilisation de l'acide phosphorique à 35-37% est largement reconnue en orthodontie en terme d'efficacité (9). Le but est d'augmenter la surface de contact émail/résine grâce à la dissolution sélective des prismes d'émail. Le temps d'attaque préconisé est d'environ 30 secondes, avec un temps de rinçage identique, mais des études ont également montré que ce temps pouvait être réduit sans différence significative. En effet pour Olsen et al (1996) (28), un temps de mordançage de 15 secondes s'avère suffisant pour nos impératifs de traitement. De plus, l'étude de Sadowsky et al (1990) n'avait pas trouvé de différence significative entre un temps d'attaque de 60 et de 15 secondes au niveau de la qualité de collage des attaches orthodontiques (29). En pratique, le temps de pose de l'acide est approximatif en raison du multi-collage des brackets. De plus, un temps de rinçage de 30 secondes est difficilement réalisable, la littérature s'accorde sur un temps de 5 secondes qui semblerait suffisant (9), (12), (20).

Tableau 2 : Tableau récapitulatif des conséquences du mordançage

Conséquences du mordançage	Auteurs		
Perte d'émail	8 à 15 μm selon Silverstone et al (1975) (30)	10 à 20 μm pour Diedrich (31), Gwinnett et Gorelick (32), Hosein (22)	1,11 à 4,57 μm pour Ireland et al (2005) (33)
Coloration amélaire	Pénétration de spicules de résine sur 80 μm et plus (170 μm): possibles dyschromies post-traitement (Diedrich (31))		

2) Dépose des attaches

La facilité de dépose des attaches orthodontiques est fonction des valeurs d'adhérence du système de collage. Ces valeurs sont d'environ 12 à 29 MPa pour les résines composites, et de 19,6 MPa pour les CVIMAR. Pour Murray et al (2003), la valeur d'adhérence suffisante à la bonne tenue des attaches orthodontiques est entre 5,9 à 7,8 MPa (34)(35). Hitmi a, quant à elle, montré que les valeurs d'adhérence diffèrent selon la colle et donc la force nécessaire à sa dépose aussi (9). En effet l'adhérence correspond à la force nécessaire à la séparation d'un assemblage collé. L'application d'une force permet d'initier une fissure à partir d'un défaut préexistant, aboutissant à une rupture pouvant être de deux types : cohésive (à l'intérieur du matériau de collage, ou du matériau collé), ou adhésive (à l'interface colle/matériau collé).



Figure 6 : Exemple d'arrachement amélaire après dépose d'un bracket esthétique selon Swartz (20)

a) Techniques

Nos matériaux doivent permettre une tenue suffisante des brackets pour éviter les décollements pendant le traitement orthodontique, mais également une dépose suffisamment aisée pour se faire sans dommages amélaire. Les forces nécessaires à la dépose dépendent de plusieurs facteurs : le type de préparation amélaire (acide orthophosphorique, acide polyacrylique, système auto-mordançant), le type de colle, le type de bracket, et l'architecture de sa base. Plus la force exercée est importante, plus le risque de dommages sur l'émail est présent.

i. Dépose manuelle conventionnelle

En pratique quotidienne, la dépose se fait grâce à une pince coupante, une pince à débager ou une pince de Weingart. Elle consiste à appliquer une force douce de levier à la base de l'attache, avec une rupture du joint collé faite préférentiellement au niveau de la colle. Holdberg et al en 2013 (36) ont étudié diverses méthodes et les conséquences sur l'émail des différentes techniques de dépose :

- compression des ailettes dans le sens mésio-distal ou occluso-gingival
- force de cisaillement avec une pince coupante en appliquant un mouvement de torsion
- force de cisaillement ou d'arrachement avec une pince à débager entre le bord libre des dents et les ailettes gingivales
- méthode de délaminage en appliquant une force de cisaillement sur la couche adhésive entre la base et la surface amélaire (effet de coin).



Figure 7 : a. b. Techniques de compression des ailettes, c. Technique d'arrachement avec la pince à débager selon Holberg (36)

ii. Techniques d'aide à la dépose

Les procédures permettant de faciliter la dépose des attaches orthodontiques provoquent toutes une émission de chaleur. La littérature se base sur la valeur critique à ne pas dépasser pour ne pas provoquer de dégâts sur la pulpe dentaire pour évaluer l'utilisation de ces procédures en pratique quotidienne. Selon Zach et Cohen, à +5,5°C au niveau de la pulpe dentaire, 40% des primates testés montrent une inflammation irréversible, et pour une augmentation de 16°C et plus, la pulpe dentaire se nécrose systématiquement (37).

Tableau 3 : Tableau récapitulatif des aides à la dépose

Procédures de dépose aidée	Avantages	Inconvénients	Auteurs
Ultrasons	Pas d'arrachement d'émail	Durée de la procédure (38 à 50sec, 1sec à la pince) Inconfort du patient	Non recommandée (même pour les CVIMAR) pour Boyer et al (38)
Dépose électrochimique	Ramollissement de la résine Diminue la force de décollement nécessaire pour les attaches collées sur les facettes (39)	Formation de dentine réactionnelle à 1 semaine et 1 mois sur les pulpes testées	Non recommandée pour Dovgan et al (40)
Laser	Dégradation de la résine par ramollissement thermique, photo ablation ou ablation thermique Pas d'augmentation de la température pulpaire pour Feldon et al (41)	Toujours des restes de résine à la surface amélaire (pas de vaporisation totale) Risques de dommage pulpaire	Indication limitée pour Azzeh et al (42) Recommandé pour la dépose des brackets céramiques (43)

b) Atteintes tissulaires

Lors de la dépose conventionnelle, le risque principal est la perte d'émail par fracture lors du décollage, par un mauvais positionnement de la pince ou l'application d'une force trop grande, avec pour conséquence une fracture au niveau du joint émail/colle et donc un arrachement des prismes d'émail (44). L'obtention d'une surface amélaire lisse en fin de traitement sera d'autant plus difficile que de petits fragments d'émail peuvent être arrachés.

La technique de cisaillement entrainerait trop de risques amélaire pour Su et al en 2012 (45). Swartz, quant à lui, préconise d'éviter les mouvements de rotation qui augmentent le risque de lésion amélaire au niveau du joint adhésif/émail. Pour Holberg la compression des ailettes est la technique transmettant le moins de forces aux racines (notamment dans le cas de problèmes parodontaux) (36), mais elle laisse aussi plus de résidus d'adhésif sur la dent (46).

3) Elimination de l'adhésif résiduel

Quelle que soit la procédure de dépose utilisée, il reste souvent de l'adhésif résiduel, en quantité variable, sur la surface amélaire. La difficulté de cette étape consiste à bien repérer la colle restante et à l'éliminer sans dommages pour rendre à l'émail son aspect initial.

a) Techniques

i. Instruments rotatifs

La littérature comporte de nombreuses études à propos des instruments rotatifs, tels que les fraises. Elles agissent soit par abrasion (diamant, pierre, composite) ou par phénomène de coupe grâce à l'affutage du matériau (carbure de tungstène, acier, céramique). L'échelle de Mohs (inventée en 1812), indiquant la résistance des matériaux aux rayures, permet de comparer facilement la dureté des matériaux entre eux, et avec l'émail (47).

Tableau 4 : Tableau récapitulatif des duretés des matériaux utilisés pour déposer la colle (47)

Matériau	Echelle de Mohs
Email	5
Diamant	10
Carbure de tungstène	9
Céramique	6-7
Résine Composite	5-7
Pierre d'Arkansas	6,5
Oxyde de zirconium	7,5
Ponce	6-7

Le choix de la fraise utilisée est donc important, et nécessite de réfléchir à un certain nombre de critères (forme, lames, spray d'eau ou non, vitesse...). En orthodontie, le passage de la fraise doit respecter au maximum l'anatomie de la dent. Ainsi les formes fissure et congé sont les plus utilisées en vestibulaire, en lingual les fraises boules ou olives sont plus faciles à mettre en œuvre, notamment pour respecter les reliefs des

incisives. De plus le nombre de lames est également important : en effet selon Jonke et al, l'augmentation du nombre de lames permet de diminuer la température générée (48). Il préconise par exemple d'effectuer une pause toutes les 5 à 10 secondes pour une fraise à 6 lames afin d'éviter un échauffement trop important. De même le choix de la vitesse de rotation doit se faire en fonction des indications données par le fabricant (vitesse optimale et vitesse maximale). Enfin l'utilisation du spray eau/air diminue le contraste entre l'émail et l'adhésif résiduel, rendant plus difficile le contrôle visuel de la dépose (49)(50), mais il présente comme avantage de protéger la pulpe des augmentations de température, qui peuvent être importantes à haute vitesse (51). L'étude de Uysal en 2005 montre qu'une fraise carbure de tungstène utilisée à haute vitesse (290 000 tr/min) sans eau provoque une augmentation de température de 5,23°C à 10,14°C. Quand on rajoute un système de refroidissement eau/air dans les mêmes conditions, une diminution de 5,34°C +/- 1,21°C est observée (51).

Dans la littérature, l'intérêt des fraises carbure de tungstène pour la dépose de la résine est reconnu depuis 1977 (32), et de nombreuses publications ont cherché à comparer leur effet en fonction de différents paramètres comme la vitesse de rotation.

ii. Autres instruments

Les fraises ne sont pas le seul système de dépose, même si elles sont le plus couramment utilisées en terme de confort pour le patient et d'efficacité pour le praticien.



Figure 8 : Sablage avec le système SandTran® selon KIM (49)

Tableau 5 : Les autres systèmes de dépose de la colle

Système de dépose de la colle	Avantages	Inconvénients	Auteurs
Sablage	Pas de vibrations : amélioration du confort du patient Pas d'augmentation de la température intrapulpaire Surface plus homogène	Manipulation moins aisée que la fraise Temps de manipulation plus long	Alternative acceptable pour Kim et al (49) Meilleur état de surface pour Mhatre et al (50) par rapport à la fraise carbure de tungstène
Laser Er : YAG	Dépose de la colle plus efficace que les procédures traditionnelles (fraises)	Délabrement identique à celui de la fraise diamantée Dommages amélaire plus sévères que pour la fraise carbure de tungstène	Non recommandé pour Ahrari et al (52) pour éliminer l'adhésif Almeida et al (53) recommandent d'autres études pour spécifier les conditions d'utilisation des lasers
Ultrasons	Moins de perte d'émail	Risque d'inconfort pour le patient Autant de perte amélaire pour la fraise carbure de tungstène à haute vitesse que les ultrasons	Recommandé associé à une pince à débayer (plus rapide) pour Krell et al (54) Non recommandé pour Hosein et al (22) et Ireland et al (33)
Disques abrasifs	Bon état de surface	Risque d'aplanissement et de création d'une facette large d'abrasion	Tufekçi et al (55)
Pinces à gratter et ciseaux à composites	Simple d'utilisation	Rayures larges et profondes (dureté 7-10 sur l'échelle de Mohs)	A proscrire pour Gwinnet et Gorelick (32)

b) Atteintes tissulaires

D'importantes altérations amélaire (rayures, perte d'épaisseur) peuvent faire suite à l'utilisation de tous ces systèmes. Par exemple, le nettoyage des surfaces amélaire avec des fraises diamantées, même de granulométrie fine, est déconseillé en raison du risque de dommage important (dureté 10 sur l'échelle de Mohs) par de nombreux auteurs tels que : Zachrisson en 1979 (17), Zarrinnia en 1995 (46), Campbell en 1995 (56), Cehreli en 2008 (57).

Un nettoyage trop agressif des résidus de collage entraîne :

- Des rayures de l'émail,
- Une perte d'épaisseur,
- Une altération du rendu esthétique : poli, brillance, dyschromie au long terme.

4) Polissage de la surface amélaire

L'étape de polissage a pour but de rendre la surface amélaire la plus lisse et brillante possible, tout en évitant les dommages par abrasion. Les matériaux abrasifs sont par ailleurs les plus utilisés par les praticiens pour cette phase. En effet, après le mordantage et la dépose des attaches, la surface amélaire est rugueuse. L'émail est plus poreux et donc plus sensible aux décalcifications et aux colorations (58). De plus d'après Zachrisson, l'émail est plus sensible aux fissures après un traitement orthodontique (17). Le polissage permet alors d'éliminer ou d'atténuer les rayures pour les plus importantes.

a) Techniques

Il existe un grand nombre de matériaux abrasifs : disques, polissoirs (en caoutchouc, avec des particules d'oxyde de zircon, en silicone, ...) ; mais aussi des fraises à finir en carbure de tungstène par exemple.



Figure 9 : Sof Lex Dics® 3M (CP), Polissoirs en Cupule et ZrO₂ Komet® (clichés Dr Marche-Soligni (10))

De plus, pour terminer le polissage, Chabre recommande l'utilisation d'une pâte à polir prophylactique à base de fluor associée à une cupule en caoutchouc (59).

b) Atteintes tissulaires

Le risque de lésion est plus limité, il faut cependant être vigilant quant aux matériaux utilisés et à leurs propriétés abrasives. Il faut vérifier les granulométries utilisées pour ne pas être trop abrasif et risquer de créer une facette d'abrasion sur la surface dentaire et donc de modifier la forme initiale de la dent. Il est important de bien suivre les recommandations des fabricants, comme pour toutes les étapes (55).

Pour de nombreux auteurs le polissage est une étape indispensable du protocole de débague (52) (60) (61). En effet pour Ryf et al, l'utilisation d'une fraise seule expose à une perte amélaire plus importante, et le rendu final est moins bon. Les différents systèmes de polissage comparés dans son étude comportent des différences d'efficacité, cependant non statistiquement significatives (62).

5) Les procédures de dépose d'attaches dans la littérature

Aucun consensus n'est actuellement présent dans la littérature mais plusieurs auteurs ont proposé leur protocole de dépose de la colle.

Gwinnet et Gorelick en 1977 (32) montrent une efficacité supérieure des disques verts en caoutchouc pour la dépose de la colle par rapport à la fraise carbure de tungstène, contredits dès 1979 par Zachrisson et Arthun qui, eux, mettent en évidence le contraire (17).

Zarrinia, en 1995, a proposé comme séquence (46) :

- Utilisation d'une pince à déposer les brackets.
- Utilisation d'une fraise carbure de tungstène 12 lames à une vitesse de 200 000 tr/min, pour l'élimination du plus important de la résine.
- Utilisation de disques Sof lex® avec une séquence medium, fin et ultra-fin à une vitesse de 10 000 tr/min pour l'élimination de la résine résiduelle et le polissage.
- Utilisation d'une cupule en caoutchouc avec de la pâte Zircate® pour finir le polissage.

Lors des Journées de l'orthodontie en 2013, Laïla Hitmi a également donné son procédé de dépose de la colle (21) :

- Utilisation d'une fraise carbure de tungstène ou céramique boule sur contre-angle bague bleue à basse vitesse sans eau, pour l'élimination de la colle superficielle.
- Utilisation d'une fraise composite Stainbuster® sur contre-angle bague bleue à vitesse moyenne avec irrigation, pour la dépose de la colle au contact de l'émail.
- Disques ou roues spiralées Sof Lex® de deux granulométries différentes à faible pression et faible vitesse, pour le polissage.

En 2014, Janiszewska-Olszowska a réalisé une revue de littérature dont le but était d'étudier les différentes procédures de débaguage (63). 44 articles ont été analysés, 41 ont été inclus. Parmi eux, l'étude s'est portée sur 28 études qualitatives, dont 13 basées sur les indices de surface amélaire, et 13 études quantitatives. L'auteur a cependant souligné la difficulté de comparer les différentes études entre elles, en raison de l'importante diversité des mesures et des résultats. Plusieurs conclusions de cette revue de littérature ont guidé l'établissement de notre propre protocole :

- Des nombreux matériaux testés, la fraise carbure de tungstène est la plus populaire.
- Les principales dents étudiées sont des prémolaires.
- La pierre d'Arkansas, les fraises diamantées, les fraises aciers, les lasers ne devraient pas être utilisés pour la dépose de l'adhésif résiduel.
- Les fraises carbure de tungstène sont plus efficaces et rapides que les disques Sof-Lex®, les instruments ultrasons, les instruments manuels, en caoutchouc ou les fraises composites.
- Tous les auteurs utilisant la fraise carbure de tungstène ont recommandé une étape de polissage.
- Les disques Sof-Lex® et la pâte ponce sont la technique de polissage la plus fiable.

Cette revue a également mis l'accent sur les dommages irréversibles causés par les systèmes orthodontiques fixés à l'émail dentaire et sur le fait que d'autres matériaux et méthodes doivent être trouvés. Ces nouveaux matériaux doivent permettre, d'une part une dépose complète de l'adhésif résiduel en minimisant la perte amélaire et d'autre part, de retrouver une surface lisse.

II. Partie expérimentale

1) Etude des pratiques professionnelles des internes et anciens internes en

ODF

Un sondage internet a été réalisé en Février 2016 auprès des internes et anciens internes en ODF ainsi que des anciens CECSMO et DU toulousains. Le but de ce sondage était de recenser les pratiques professionnelles concernant le débagueage et les types de fraises utilisées.

a) Matériel et Méthode

Un formulaire de sondage Google Forms® a été envoyé à 171 internes, anciens internes en ODF de France et anciens CECSMO et DU toulousains par mail. La question principale portait sur le type de fraise utilisée lors du débagueage. Nous avons également demandé des précisions sur le statut de la personne répondant au sondage (interne ou spécialiste qualifié en ODF) et l'adresse mail pour éviter les réponses en doublons. Les réponses ont été collectées grâce à ce formulaire Google Forms®, et recensées sur une feuille de calcul Google Sheets®.

Horodatage	Qui êtes vous ?	Que(s) type(s) de fraise(s) Si vous utilisez un autre	Merci de renseigner votre Si vous utilisez une fraise Quel(s) type(s)
04/02/2016 12:57:17	Interne en ODF	Fraise carbure de tungstène	teechoum@hotmail.fr
08/02/2016 00:21:01	Interne en ODF	Fraise carbure de tungstène	teechoum@hotmail.fr
08/02/2016 00:44:52	Interne en ODF	Fraise carbure de tungst Fraise céramique	caire_leuving@hotmail.fr
08/02/2016 00:44:52	Interne en ODF	Fraise carbure de tungst Fraise céramique	caire_leuving@hotmail.fr
08/02/2016 02:00:44	Interne en ODF	Les deux : fraises carbure de tungstène ET diamant	Canelle.amier@gmail.com
08/02/2016 04:27:41	Interne en ODF	Fraise carbure de tungstène	Montymargaux@orange.fr
08/02/2016 07:31:41	Interne en ODF	Fraise carbure de tungstène	Fomont.caroline@gmail.com
08/02/2016 07:56:37	Interne en ODF	Fraise carbure de tungstène	jung.astro@gmail.com
08/02/2016 08:40:01	Spécialiste qualifié en OC	Fraise carbure de tungstène	lachaurienne@hotmail.com
08/02/2016 08:47:07	Spécialiste qualifié en OC	Fraise carbure de tungstène	ballavoine.laure@gmail.com
08/02/2016 09:28:18	Spécialiste qualifié en OC	Les deux : fraises carbure de tungstène ET diamant	commanman@gmail.com
08/02/2016 09:34:03	Interne en ODF	Fraise carbure de tungstène	marie.baron@vive.fr
08/02/2016 09:58:58	Spécialiste qualifié en OC	Les deux : fraises carbure de tungstène ET diamant	laure.pesson@gmail.com
08/02/2016 09:58:10	Spécialiste qualifié en OC	Autre type de fraise	Fraise à poil ballon de nu Dodeur.taunier@gmail.com
08/02/2016 15:31:14	Interne en ODF	Fraise carbure de tungstène	yonyen99_2@hotmail.com
08/02/2016 15:45:41	Interne en ODF	Fraise carbure de tungst	Ou bien les fraises "Joni" lietzgab@msn.com
08/02/2016 16:52:06	Interne en ODF	Fraise carbure de tungstène	aureliester01@gmail.com
08/02/2016 22:44:01	Interne en ODF	Fraise carbure de tungstène	merzaga.mohamed@yahoo.fr
08/02/2016 23:30:44	Interne en ODF	Fraise carbure de tungstène	caire_rankowski@gmail.com
08/02/2016 06:47:48	Interne en ODF	Fraise carbure de tungstène	Alix.le-breton@etu.parisdescartes.fr

Figure 10 : Formulaire Google Forms® et Fichier de réponses Google Sheets®

b) Résultats

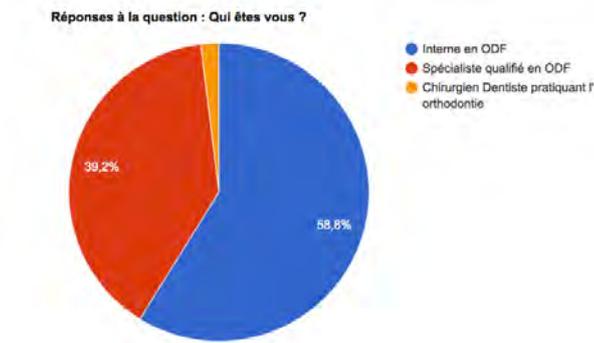


Figure 11 : Répartition des réponses au sondage

51 réponses ont été collectées (Fig.10) soit 29,8 % de réponses réparties ainsi : 39,2 % de spécialistes qualifiés en ODF, 58,8 % d'internes en ODF et 2% de chirurgiens dentistes pratiquant l'orthodontie (soit 1 praticien). Les résultats du sondage ont montré que 72,5 % des praticiens ayant répondu (tous statuts confondus) utilisent la fraise carbure de Tungstène, alors que 7,8 % d'entre eux utilisent la fraise diamantée, et 13,7 % utilisent de manière combinée les deux fraises précédemment citées (Fig.11). Les autres types de fraises cités sont : les pointes d'Arkansas (pour deux praticiens), les fraises « jota » (citée 1 fois), et les fraises à polir en forme ballon de rugby (citée 1 fois).

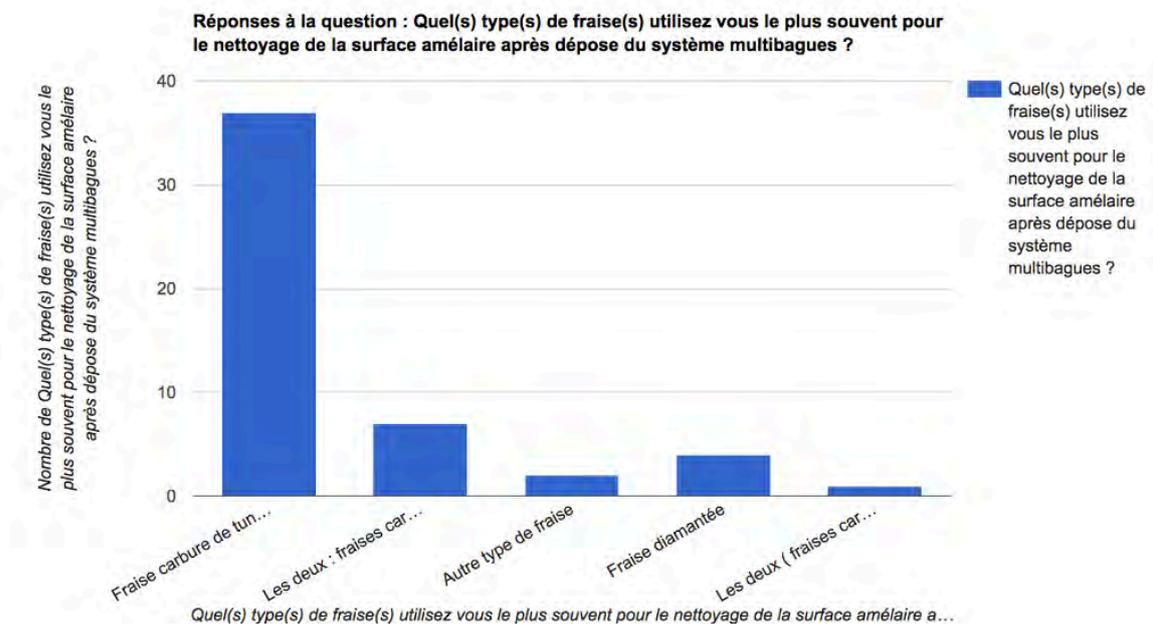


Figure 12 : Répartition des réponses concernant le type de fraise utilisé

c) Discussion

Le sondage

Le sondage a concerné les internes et anciens internes en ODF pour avoir une idée des pratiques apprises lors de l'internat, censées être en accord avec les données acquises de la littérature. De plus les anciens étudiants toulousains dont nous connaissions les adresses mails (CECSMO et DU) ont été inclus dans la liste d'envoi. Le sondage a été envoyé par mail par souci de facilité de réponse pour les praticiens et de traitement des informations pour nous. En effet Google Forms® est une plateforme de sondage facile à manipuler et gratuite, permettant de récolter les résultats sur une feuille de calcul Google Sheets®, dont on peut ensuite traiter les données (statistiques, graphiques...).

Les résultats obtenus

Nous avons obtenu un taux de réponses de 29,8%, sans renvoi de mails. Ce taux de réponses nous a permis d'avoir une idée des pratiques tout en s'appuyant sur une recherche bibliographique précise. Toutefois multiplier les modes d'envoi et relancer les personnes n'ayant pas répondu auraient peut-être permis d'obtenir plus de réponses. La majorité des réponses provient des internes en poste, ce qui donne une bonne idée des techniques enseignées en France. Les réponses des spécialistes, même si elles sont moins nombreuses nous ont également permis de voir les choix faits par les jeunes praticiens après la fin de leur cursus et en ayant un peu plus d'expérience clinique.

Nous voulions ainsi cibler notre recherche en nous servant des résultats de ce sondage et des données trouvées dans la littérature. La bibliographie a ainsi montré une grande richesse de publications sur le thème du collage. Les différentes étapes de collage ont été étudiées et notamment la phase de dépose de colle qui génère un émail rayé et rugueux avec l'utilisation d'une fraise diamantée, et un émail moins abimé avec la fraise carbure de tungstène (64). D'autres fraises ou d'autres systèmes sont également utilisés dans divers protocoles, comme par exemple dans l'étude de Sigiliao en 2015 qui a comparé 6 systèmes différents (65) : 3 fraises carbure de

tungstène à des vitesses différentes et un nombre de lames différents et 3 systèmes de polissage différents. Ses résultats quantitatifs et qualitatifs montrent que même si tous les systèmes utilisés sont considérés comme satisfaisants, tous les instruments rotatifs induisent des changements au niveau de la surface amélaire. En outre, plus le temps de dépose est long, moins la surface amélaire est rugueuse. D'autres matériaux sont aussi décrits, sans trouver vraiment de consensus. Nous avons ainsi voulu tester une fraise déjà couramment utilisée mais sur deux types de rotation continue différents et comparer ces résultats avec l'utilisation d'une fraise diamantée, qui est encore utilisée par certains praticiens.

2) Etude de faisabilité

Les prémolaires recueillies pour la partie expérimentale de cette étude ont été soumises à un examen visuel afin de les inclure ou non dans le protocole. Les dents non incluses ont permis de réaliser des tests de protocole et de manipulation pour prévoir la faisabilité de nos étapes. Ainsi elles ont tout d'abord servi au réglage des appareils photos et aux conditions de prise des clichés. Nous avons cherché à créer une boîte à images permettant de standardiser la prise de clichés. Toutes les étapes ont ensuite été testées et notamment la phase d'étude au microscope électronique à balayage qui nous a demandé un peu de réflexion pour savoir comment traiter les échantillons en PVS, et les dents.



Figure 13 : Tests Photographiques boîte à images et loupe binoculaire, PVS, MEB (CP)

3) Etude Ex vivo

Le sondage réalisé sur internet et la recherche bibliographique effectuée sur ce sujet ont permis de constater que les fraises diamantées pouvaient générer des pertes de substance amélaire ou des états de surface irréguliers. Nous avons donc voulu étudier l'état de surface amélaire après dépose des attaches orthodontiques, dépose de la colle et après polissage en utilisant trois processus différents de dépose de l'adhésif résiduel et le même protocole de polissage. Si pour de nombreux auteurs (Ahrari (52), Zachrisson (17), Khosravanifard (64), Sigilao (65), Hosein (22)) le gold standard semble être la rotation à vitesse lente, Zarrinia en 1995 recommandait l'usage de la fraise carbure de tungstène à haute vitesse (46). Nous avons voulu évaluer cet émail selon deux paramètres : la quantité d'adhésif résiduel après les différentes étapes et l'état de surface à proprement parler. La vitesse de rotation influe-t-elle sur l'état de surface amélaire ou sur la quantité d'adhésif laissé sur la face vestibulaire ? Quelle comparaison peut-on faire avec la fraise diamantée ?

a) Matériel et Méthode

44 prémolaires extraites pour des raisons orthodontiques chez des adolescents entre 10 et 16 ans ont été recueillies de manière anonyme par des chirurgiens dentistes de Toulouse et ses alentours. Les critères d'exclusion étaient la présence de défauts de surface (fracture amélaire, trace de davier, amélogénèse imparfaite...) visibles à l'œil nu. 36 prémolaires ont ainsi été incluses dans l'étude après un examen visuel de la surface amélaire vestibulaire par deux opérateurs différents, complété par un examen à l'aide d'une lampe LED.



Figure 14 : Tri des prémolaires (CP)

Ces dents ont été conservées moins d'un mois, dans de la chloramine à 1 %. Les prémolaires incluses dans notre étude ont ensuite été réparties de manière aléatoire en trois groupes, comprenant chacun 12 dents.

Les trois groupes ainsi obtenus ont permis de tester :

- une fraise diamantée bague rouge (F 856 314 016, Stoner France, Toulouse, France) associée à une turbine (KaVo 40 Gentle Force LUX 7000B, KaVo Dental, Lognes, France), soit une vitesse comprise entre 300000 et 400000 tr/min.

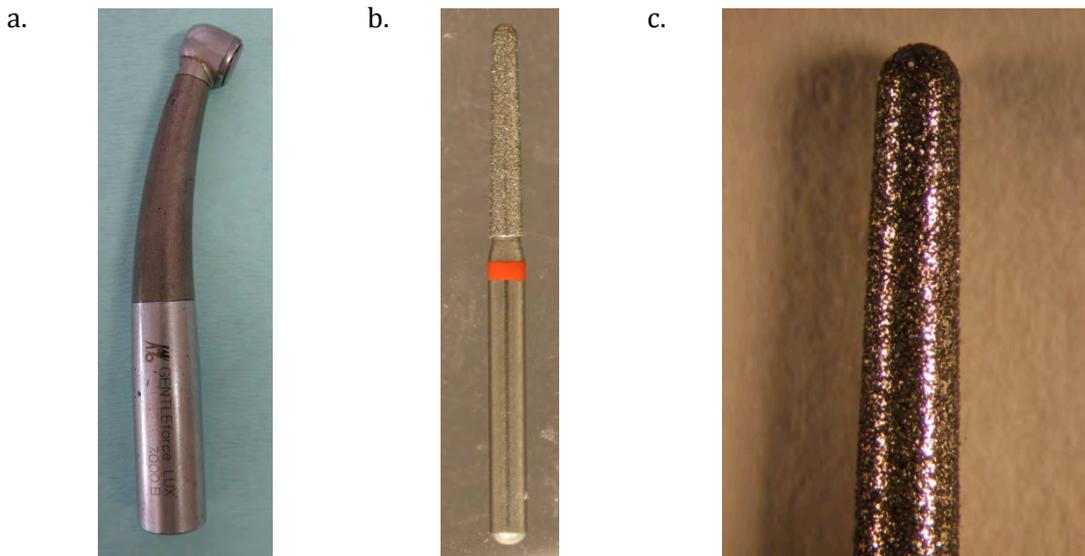


Figure 15 : a. Turbine, b. fraise diamantée, c. fraise diamantée grossissement 6,4 (CP)

- une fraise carbure de tungstène bague rouge 8 lames (TC 375R 314 016, Stoner France, Toulouse, France) associée à un contre-angle bague rouge (TiMax X95L 1:5, NSK France, Paris, France) avec un moteur de 40 000 tr/min maximum (M40 LED, NSK France, Paris, France). Dans ce groupe la fraise carbure de tungstène a donc été utilisée à haute vitesse soit 200 000 tr/min.

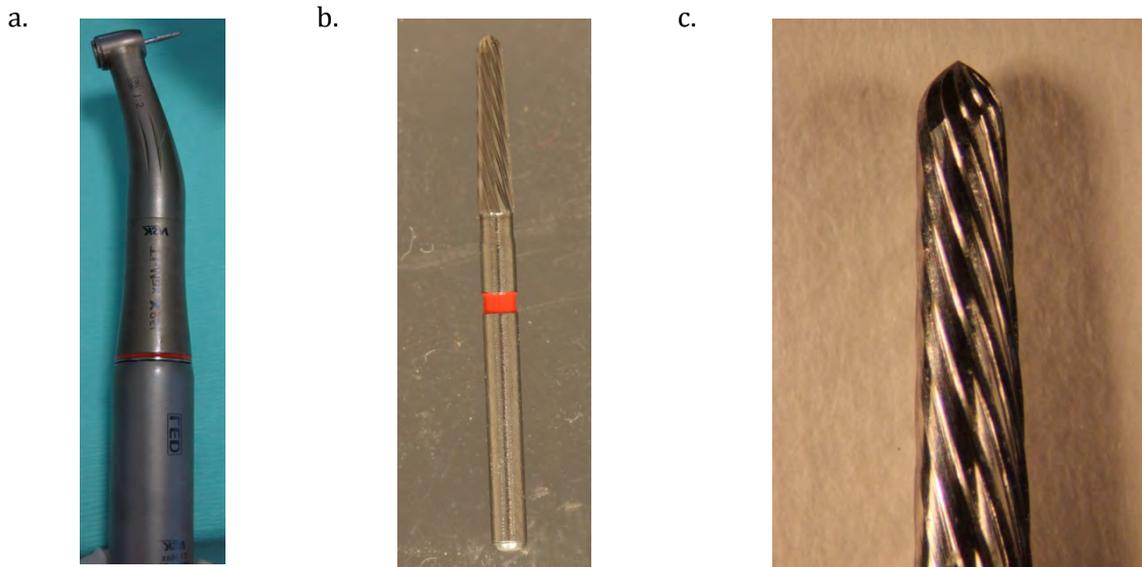


Figure 16 : a. Contre-angle bague rouge, b. fraise carbure de tungstène, c. fraise carbure de tungstène grossissement 6,4 (CP)

- une fraise carbure de tungstène bague rouge 8 lames (TC 283K 214 016, Stoner France, Toulouse, France), associée à un contre-angle bague verte (Sanao 10, 5 :1, Microméga, Besançon, France) et à un moteur (M40 LED, NSK France, Paris, France) de 40 000 tr/min. Dans ce second groupe, la fraise carbure de tungstène a été utilisée à basse vitesse soit 8000 tr/min.

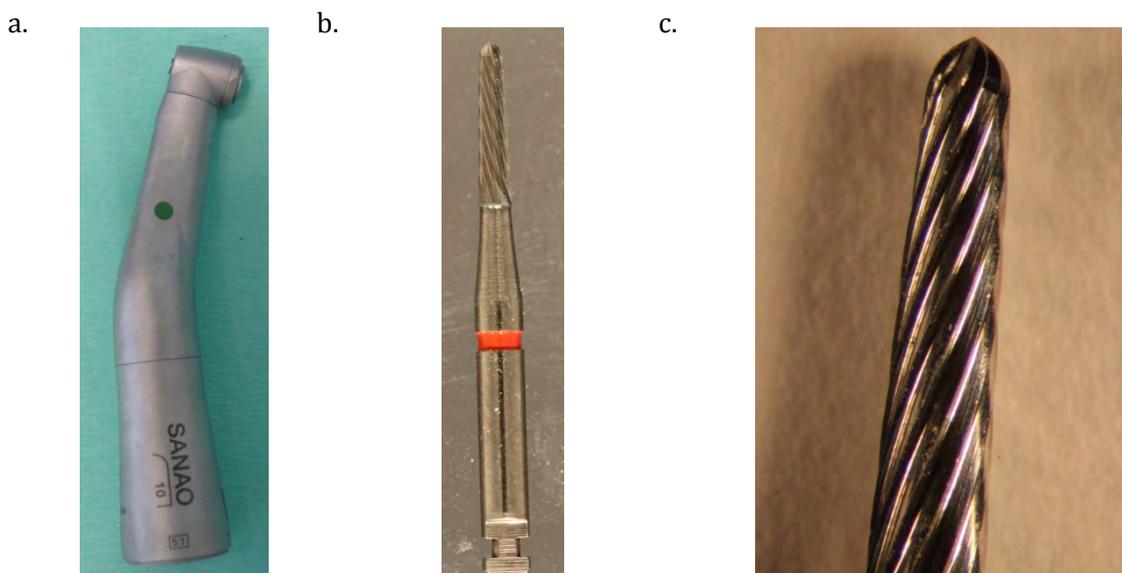


Figure 17 : a. Contre-angle bague verte, b. fraise carbure de tungstène, c. fraise carbure de tungstène grossissement 6,4 (CP)

Dans les trois groupes, chaque prémolaire a été numérotée de 1 à 12 au hasard et placée dans un typodont avec base en cire (Ormco France, Paris, France). Les dents ont été positionnées de manière aléatoire en place de canine, première prémolaire ou deuxième prémolaire, à droite ou à gauche, au maxillaire ou à la mandibule, afin de recréer des conditions cliniques les plus proches possible de la réalité. Trois typodonts ont ainsi été utilisés, un pour chaque groupe. Le typodont a également été fixé sur un fauteuil dentaire du service d'odontologie de Rangueil pour simuler la position réelle du débagueage, à chacune des étapes. Un seul opérateur a réalisé toutes les étapes cliniques.



Figure 18 : Typodonts avec les échantillons. Typodont fixé au fauteuil dentaire (CP)

Le protocole établi est articulé en quatre étapes cliniques : nettoyage de la surface amélaire, puis collage des attaches orthodontiques, dépose des attaches, nettoyage de la surface amélaire et enfin polissage. Chacune de ces étapes cliniques a été réalisée sur un typodont fixé sur un fauteuil dentaire, avec le même protocole de collage, de dépose des attaches et les mêmes temps opératoires.

La phase de nettoyage de l'adhésif résiduel a été chronométrée afin de comparer les différents systèmes. La position de chaque dent sur le typodont a également été notée dans le but de rechercher un possible manque d'efficacité en fonction de la position de la dent sur l'arcade. Les dents ont été sorties du typodont après chaque phase clinique afin que chaque dent bénéficie d'un enregistrement de notre surface d'intérêt : la face vestibulaire de collage.



Figure 19 : Etape de collage (CP)

Tout d'abord un enregistrement photographique simple à l'aide d'un appareil photo CANON Powershot G16 (avec capteur CMOS 1/1,7, 12,1 Mpixels et kit macro), positionné dans une boîte spécifique à la prise de photographies a été effectué afin d'obtenir des photos standardisées. Puis nous avons également réalisé un enregistrement photographique avec un appareil photo CANON EOS 600 D (en mode sans flash, ISO auto, Objectif Macro Tamron 90mm) couplé à une binoculaire Leica (Wild M3B, Heerbrugg, Suisse) avec un grossissement de 6,4. Enfin une prise d'empreinte au PolyVinylSiloxane (PVS) (Aquasil®, Soft Putty Regular set et Ultra LV, Dentsply, Konstanz, Germany) en wash-technique, a été réalisée afin d'effectuer une étude au microscope électronique à balayage à la plateforme du génie mécanique de l'INSA de Toulouse, par la suite. Les enregistrements photographiques et au PVS ont été pris à quatre moments du protocole : enregistrement de l'état initial de la surface vestibulaire de chaque dent nommé T0, afin d'avoir une référence ; T1 après la dépose des attaches ; T2 après la dépose de l'adhésif résiduel avec les différentes fraises et enfin T3 après la phase de polissage de la surface amélaire.



Figure 20 : Préparation des PVS des 3 groupes (CP)

Les faces vestibulaires de chaque dent ont tout d'abord été nettoyées grâce au passage d'une cupule (Henry Schein, New-York, USA) et de pâte abrasive (Fine Orange, NUPRO, Dentsply Professional Konstanz, Allemagne) sur contre-angle bague bleue (KaVo Intramatic Lux 3 20 LH, KaVo Dental GmbH, Biberach/riss, Allemagne) (9). Après cela, les surfaces vestibulaires ont été rincées et séchées.

Les dents ont ensuite été soumises à un mordantage de 20 secondes avec de l'acide orthophosphorique à 37 % (Cybertech etch, DE Healthcare Ltd, NorthHampton, UK), puis un rinçage à l'eau de 30 secondes, et enfin séchage 10 secondes jusqu'à obtention d'un émail blanc crayeux.



Figure 21 : Acide orthophosphorique 37 % utilisé (CP)

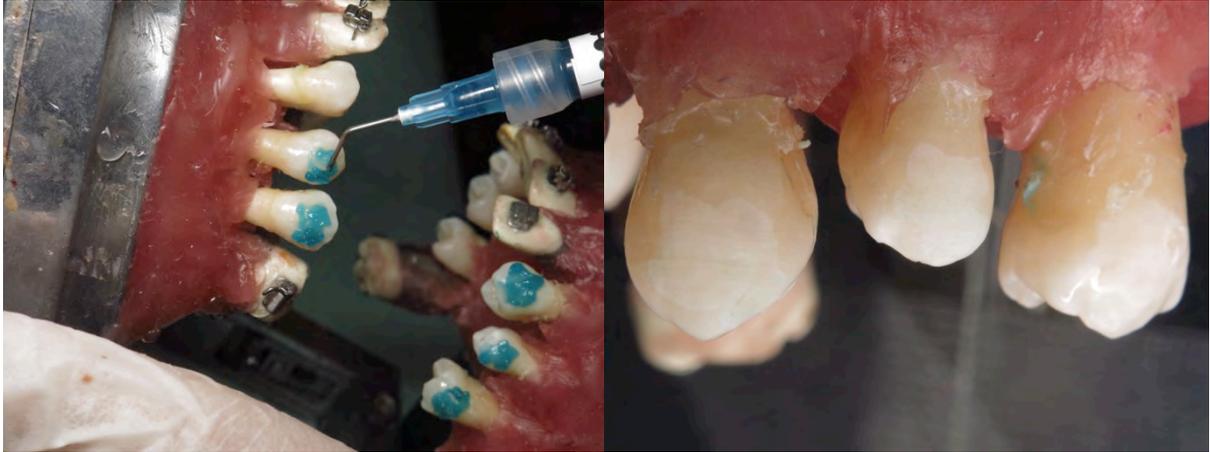


Figure 22 : Etape de mordançage (CP)

Puis l'adhésif Orthosolo (ORMCO Corporation, Glendora, USA) a été mis en place avec une Microbrush (3M UNITEK, Monrovia, USA), 5 secondes par dent, avant de finir par un séchage à l'air comprimé du fauteuil 2 à 5 secondes sur la face vestibulaire.

Nous avons utilisé pour notre étude des brackets céramiques pré-encollés APC Plus, Clarity Advanced de la marque 3M (APC PLUS, Clarity Advanced, 3M UNITEK, Monrovia, USA).



Figure 23 : Matériaux de collage

Chaque bracket a été positionné à une hauteur de collage jaugée à 4,5 à l'aide d'une jauge étoilée (ORMCO Corporation, Glendora, USA), et centré en mésio-distal sur la face vestibulaire. Une pression a été appliquée au centre du bracket à l'aide d'une sonde n°6, afin de bien appliquer le bracket et d'éliminer les excès de colle, dont la coloration rose a permis de faciliter le contrôle visuel de cette élimination. Une polymérisation de 5 secondes par côté (mésial et distal) de chaque bracket, soit 10 secondes en totalité a été effectuée à l'aide d'une lampe LED d'une puissance de 1250 mW/cm² (MiniLED Satelec, Actéon Groupe, Mérignac France).

Les dents ont ensuite été conservées en milieu humide pendant 48 heures (64), (66), afin d'obtenir une prise la plus complète du composite.



Figure 24 : Pose des attaches (CP)

La dépose des attaches a été effectuée à l'aide d'une pince coupante (AEZ, Ormco France, Paris France), utilisée dans le service d'orthodontie de Toulouse, par un seul opérateur, dans des conditions identiques à celles du collage, et selon les recommandations du fournisseur. Les brackets se sont fracturés lors de cette étape, pour la majorité d'entre eux.



Figure 25 : Dépose des attaches

Le nettoyage de la surface amélaire a été réalisé dans les mêmes conditions cliniques que précédemment, selon les trois groupes décrits plus haut. Chaque dépose a été réalisée par le même opérateur, droitier, et chronométrée. Un contrôle visuel a été réalisé par l'opérateur pour déterminer la fin de la manipulation.

La position de chaque dent sur le typondont a également été enregistrée afin de voir la possible répercussion de la position sur l'arcade sur l'état de surface ou la quantité d'adhésif résiduel après passage de la fraise. Une fraise neuve a été utilisée tous les 4 nettoyages.



Figure 26 : Boitier Stoner®, dépose de la colle avec la fraise diamantée, photographie post nettoyage à la fraise diamantée, prise en mode macro et prise avec une loupe binoculaire x6,4 (CP)

Enfin, dernière étape, le polissage a été effectué avec le système Sof Lex disc de 3M ESPE (Sof Lex, System kit 5082SK, 3M ESPE, Saint Paul, USA) sur contre-angle bague bleue (KaVo Intramatic Lux3 20 LH, KaVo Dental Lognes, France), monté sur un moteur (M40 LED, NSK France, Paris, France) à 40 000 tr/min. Les disques Sof lex sont des disques à polir à usage unique, existants en plusieurs diamètres (9 et 13mm) et composés de 4 granulométries, décroissantes. Les 4 granulométries ont été utilisées sur chaque dent, avec un passage chronométré de 10 secondes par dent. Un contrôle visuel a déterminé la fin du polissage.



Figure 27 : Polissage (CP)

Les empreintes des prémolaires à chacune des étapes cliniques ont ensuite été étudiées au microscope électronique à balayage de la plateforme de micro-caractérisation du génie physique de l'INSA de TOULOUSE. Nous avons également étudié les surfaces amélares vestibulaires obtenues à la fin de notre protocole.

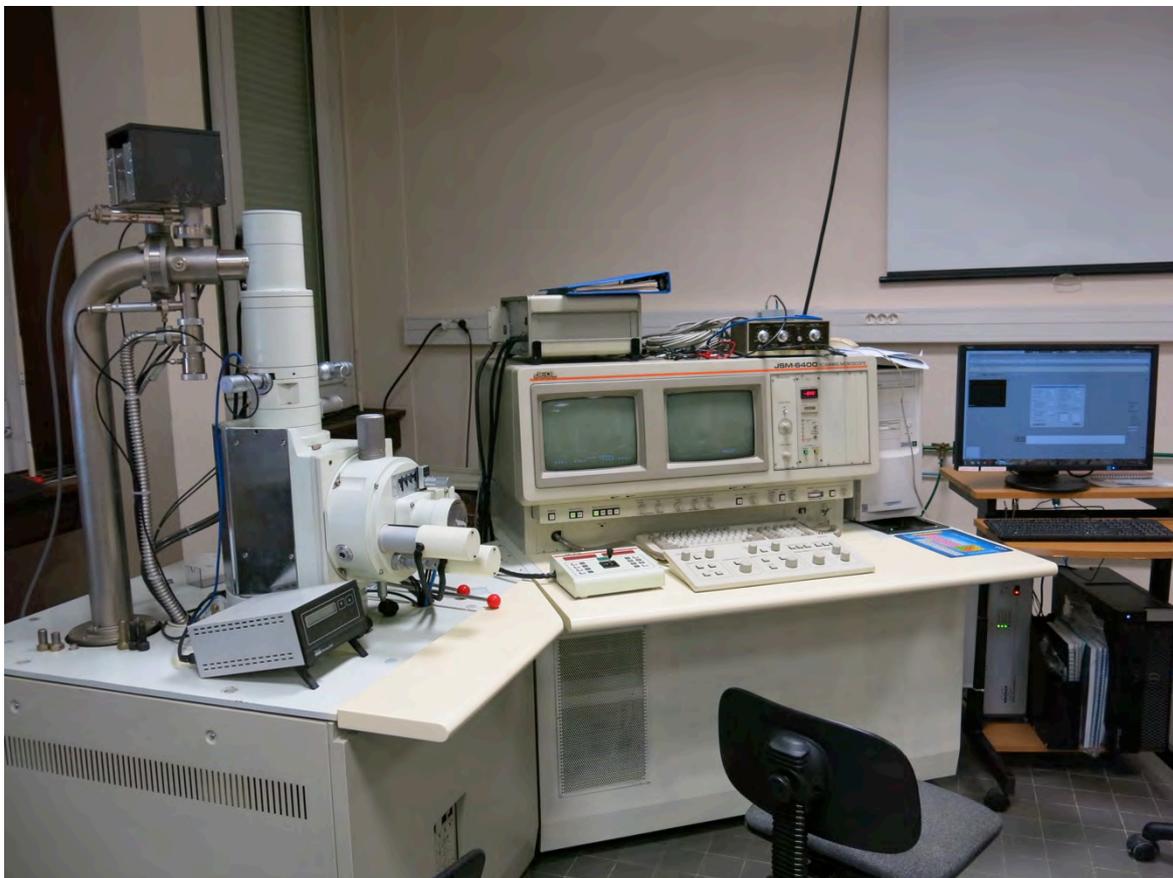


Figure 28 : Microscope électronique à balayage JEOL JSM-6400. INSA Toulouse (CP)

Un microscope électronique JEOL JSM-6400 a été utilisé pour traiter les échantillons en PVS. Ceux-ci ont tout d'abord été découpés pour ne conserver que les zones d'intérêt puis métallisés à l'or en utilisant un plasma d'Argon. Des clichés ont ensuite été réalisés à différents grossissements, enregistrés sur un ordinateur grâce au logiciel Esprit® de Bruker. Chaque échantillon, à chaque étape (T0, T1, T2 et T3) a été étudié, avec prise d'un cliché en grossissement 20. De plus à T0, chaque échantillon a eu un enregistrement centré avec un grossissement de 50 et certaines dents ont été étudiées en grossissement 200 et 500. Pour T1 nous avons effectué un enregistrement pour certaines zones qui présentaient un intérêt, en grossissement 50 ou 200 et 500.

Pour T2 et T3, tous les échantillons ont été enregistrés à un grossissement de 50, et pour certains échantillons en grossissement 200 et 500. Quand l'état de surface n'était pas uniforme, la surface d'intérêt a été partagée en 4 cadrans afin d'effectuer 4 clichés au grossissement 50. Sinon le cliché a été pris de manière centrée sur la zone de travail.



Figure 29 : Métallisation des échantillons, échantillons métallisés, cliché x20 (CP)

Les faces vestibulaires obtenues à la fin de notre protocole ont également été étudiées directement, sans enregistrement au PVS, au microscope électronique. Nous avons utilisé un appareil différent du précédent : le JEOL JSM-5310 LV, avec cependant le même logiciel d'exploitation des données, en raison de la difficulté à obtenir un vide important avec des échantillons dentaires. Les dents ont tout d'abord été mises dans un appareil permettant de faire le vide au maximum. Elles ont ensuite été métallisées à l'or couplé à un plasma d'Argon, puis placées dans le microscope électronique. Les clichés obtenus présentaient des fêlures et fractures en raison de la moindre tolérance du vide par les organes dentaires. Chaque échantillon a été enregistré à un grossissement de 35 (cet appareil ne nous permettant pas d'avoir un grossissement plus faible, égal à 20 pour avoir les mêmes images que les échantillons en PVS), puis à un grossissement de 50, avec partage de la zone en quatre si la surface n'était pas uniforme. De même quelques clichés ont été réalisés avec un grossissement de 200 et 500.



Figure 30 : MEB JEOL JSM-5310 LV INSA Toulouse. Echantillons avant métallisation. Echantillons après métallisation (CP)

Les images obtenues ont ensuite été rassemblées pour être étudiées et scorées. L'évaluation de ces images a été faite par 5 évaluateurs de profils différents (trois de sexe féminin et deux de sexe masculin) n'ayant participé à aucune étape du protocole. Ces évaluateurs étaient volontaires, internes en orthopédie dento-faciale pour deux d'entre eux (en 2^{ème} et 3^{ème} année de DES ODF), chirurgien-dentiste, orthodontiste et interne en chirurgie orale (en 3^{ème} année de DESCO). Les images ont été scorées les unes à la suite des autres, sans indication sur le groupe ou l'étape clinique, et après un rappel des scores et un étalonnage sur des images tests présentées sur un dossier PowerPoint®. Les données ont été collectées sur un tableau Excel®.

D'une part la quantité d'adhésif laissée sur la dent a été évaluée à T1, T2, T3 et sur les dents en fin de protocole, grâce à l'Adhesive Remnant Index de Artun et al (67), qui est le plus présent dans la littérature, mais aussi grâce à l'indice utilisé dans l'étude de David et al en 2002 (68), appelé sD dans notre étude.

Score ARI :

- Score 0 = Absence totale d'adhésif résiduel.
- Score 1 = Présence de moins de la moitié de l'adhésif résiduel.
- Score 2 = Présence de plus de la moitié de l'adhésif résiduel.
- Score 3 = Présence de la totalité de l'adhésif.

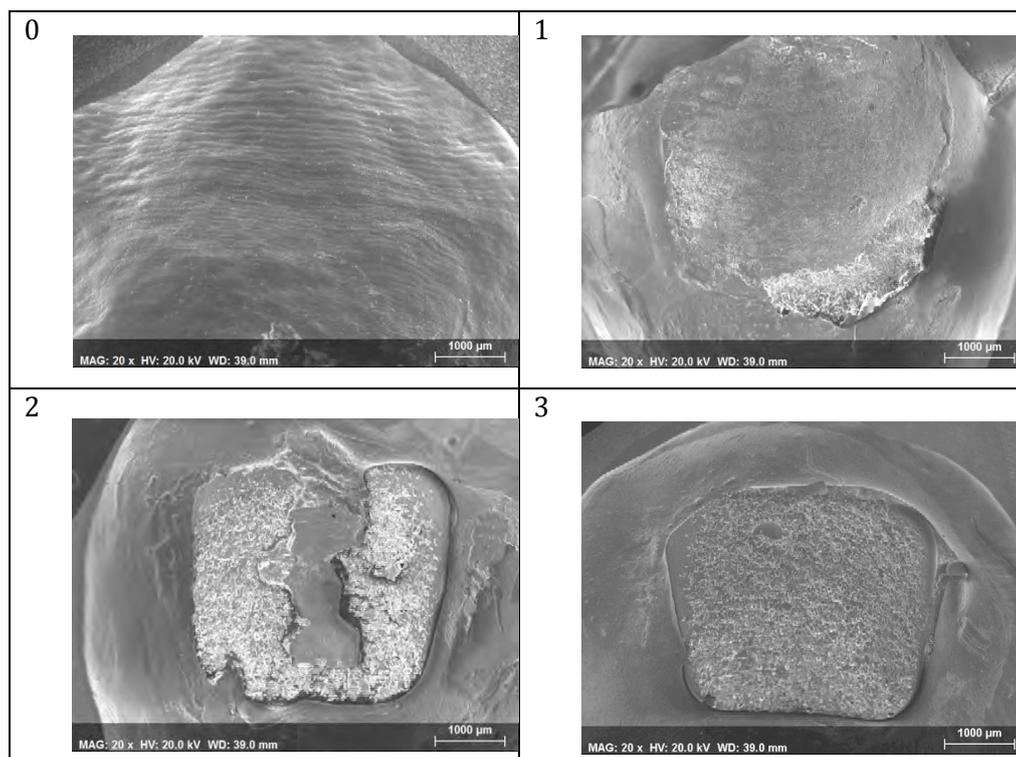


Figure 31 : Scores ARI (CP)

Score de David et al (sD):

- Score 1 = 0% d'adhésif.
- Score 2 = Adhésif résiduel supérieur à 0% et inférieur ou égal à 25 %.
- Score 3 = Adhésif résiduel supérieur à 25 % et inférieur ou égal à 50 %.
- Score 4 = Adhésif résiduel supérieur à 50 % et inférieur ou égal à 75 %.
- Score 5 = Adhésif résiduel supérieur à 75 % et inférieur à 100 %.
- Score 6 = Adhésif résiduel égal à 100 %.

D'autre part l'évaluation de l'état de surface amélaire a été réalisée grâce à deux indices également : les scores Enamel Surface Index (ESI) de Zachrisson (17) et Enamel Damage Index (EDI) de Howell et Weekes (69), repris par Bonetti (70). Ces indices ont permis d'évaluer les PVS de T2 et T3 puis des dents en fin de protocole.

Score ESI :

- Score 0 = Surface parfaite. Pas de rayure, périkématies intactes et distinctes.
- Score 1 = Surface satisfaisante. Fines rayures et quelques périkématies visibles.
- Score 2 = Surface acceptable. Rayures nettes et profondes, absence de périkématie.
- Score 3 = Surface imparfaite. Nombreuses rayures larges et profondes, absence de périkématie.
- Score 4 = Surface inacceptable. Rayures grossières et délabrements marqués et profonds.

Score EDI :

- Score 0 = Surface lisse, sans rayure, des périkématies peuvent être visibles.
- Score 1 = Surface acceptable. Rayures éparses et fines.
- Score 2 = Surface rugueuse. Nombreuses et grosses rayures ou petits sillons.
- Score 3 = Surface avec larges rayures, profonds sillons et émail rayé visible à l'œil nu.

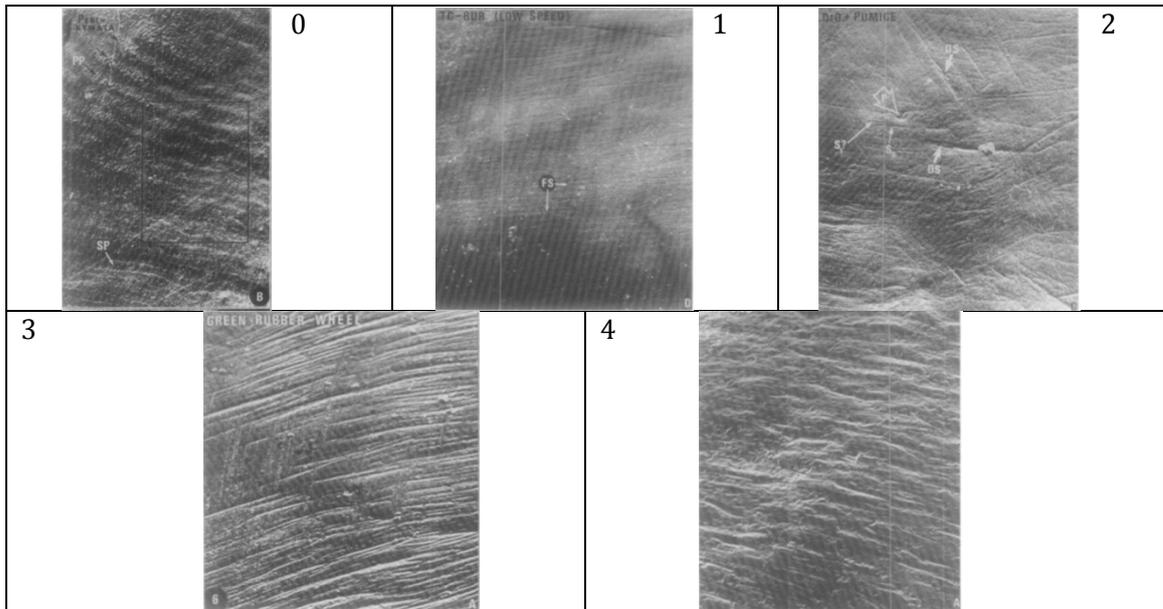


Figure 32 : Scores ESI selon Zachrisson (17)

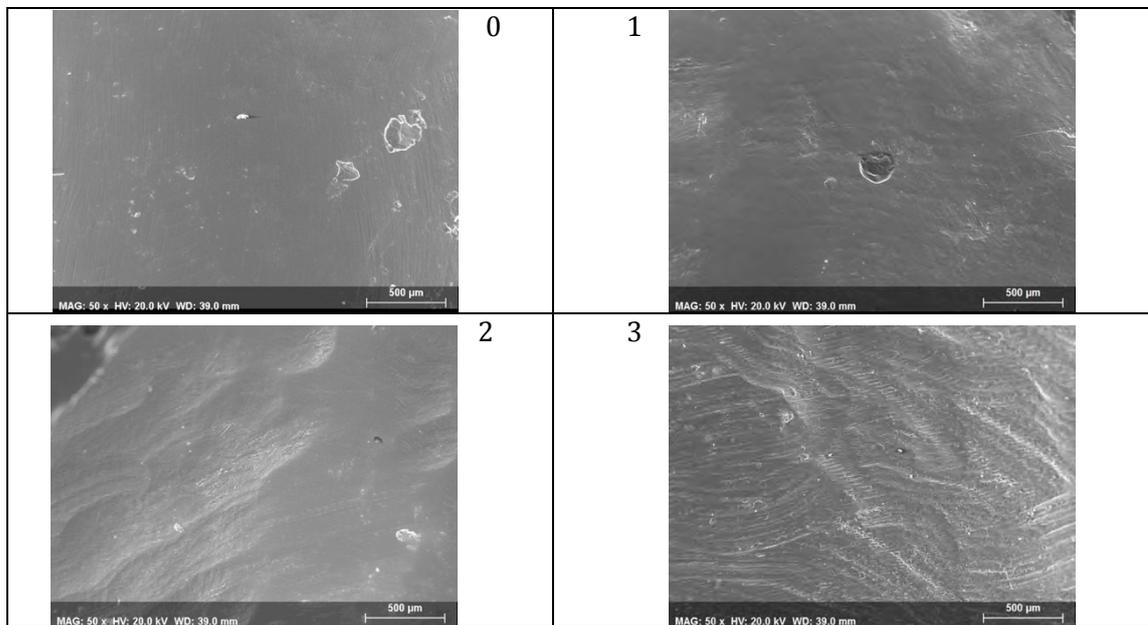


Figure 33 : Scores EDI (CP)

Les données ainsi collectées ont fait l'objet d'une étude statistique :

- Le test de Wilcoxon apparié a été utilisé pour étudier la différence entre les temps opératoires.
- Le test de Wilcoxon non apparié a comparé la quantité d'adhésif restante et l'état de surface entre les différents groupes.
- L'influence du groupe et celle de l'évaluateur ont été mises en évidence par un test Anova à deux facteurs.
- Le test Anova à un facteur a étudié l'influence de la position de la dent.

b) Résultats

Dépose des attaches

La plupart des brackets se sont fracturés lors de la dépose (64%), conformément aux indications du concepteur : système de préfracture conçu pour une dépose rapide et facile avec une pression appliquée en mésio-distal (71). En effet les brackets céramiques sont très rigides (le double par rapport à l'émail), et possèdent donc une force de liaison à l'émail très élevée avec pour conséquence une procédure de dépose plus critique que les brackets métalliques, largement décrite dans la littérature (20). L'adhésif est resté sur la surface vestibulaire pour la majorité des échantillons. En effet la moyenne des scores ARI à T1 est de 2,57, et pour le score de David la moyenne est de 5,27. Donc une grande majorité de ARI 3 et David 6. Aucune dent n'a obtenu un score de 0 à T1.

Dépose de l'adhésif résiduel et polissage

Les groupes ont été nommés ainsi (G1 étant le groupe ayant servi aux tests de faisabilité) :

- G2 : Fraise Carbure de Tungstène haute vitesse
- G3 : Fraise Carbure de Tungstène basse vitesse
- G4 : Fraise diamantée haute vitesse.

Les différents temps opératoires correspondent à :

- T1 : Dépose des attaches
- T2 : Dépose de l'adhésif résiduel
- T3 : Polissage.

Pour rappel, à T3 nous avons étudié la surface vestibulaire obtenue sur le PVS et sur la dent elle-même (groupe T3 DENTS, appelé T3D).

Temps de dépose :

Le temps de dépose est sans surprise augmenté pour le contre-angle bague verte : 51,17 secondes en moyenne, pour 29,75 secondes avec le contre-angle bague rouge. La dépose de la colle avec la fraise diamantée se faisant sous eau, la procédure a nécessité un contrôle visuel avec séchage de la surface ce qui rallonge le temps par échantillon : 43,33 secondes ; avec une moyenne de 18,75 secondes enregistrée concernant la première phase de la procédure (avant contrôle visuel).

Tableau 6 : Récapitulatif des temps de dépose de la colle résiduelle

	Fraise diamantée		Fraise CT Haute vitesse	Fraise CT Basse vitesse
	Total	1 ^{ère} phase		
Moyenne (en secondes)	43,33	18,75	29,75	51,17
Ecart-type	8,11	5,17	7,53	16,24
Maximum (sec)	62	30	50	84
Minimum (sec)	30	11	20	25

Quantité d'adhésif restante :

La quantité de colle restante sur la surface vestibulaire a été évaluée aux différents temps opératoires grâce aux Scores ARI et sD (David et al). Les tests statistiques ont été réalisés sur le score ARI, les deux tableaux de données montrant une orientation identique des résultats (voir Annexes).

Tableau 7 : Comparaison des temps opératoires

SCORE ARI : test WILCOXON apparié	
Existe-t-il une différence significative entre les différents temps opératoires ?	
T1 et T2	Oui ($p < 10^{-16}$)
T2 et T3	Non ($p=0,8$)

Le test de Wilcoxon apparié montre une diminution significative ($p < 10^{-16}$) de l'adhésif résiduel après le passage de la fraise quel que soit le groupe (entre T1 et T2). A l'inverse, entre T2 et T3, donc après le polissage il n'existe pas de différence significative ($p=0,8$) concernant la quantité de colle restante (Tab.7). Si on observe les graphiques, on peut remarquer qu'à partir de T2, il n'y a quasiment plus aucun score « 2 » ou « 3 » (une exception pour T3D dans le G2) (Fig.34).

Le test ANOVA à deux facteurs effectué aux différents temps opératoires a montré une différence significative entre les 3 groupes à T1 ($p=0,006$) et à T2 ($p=10^{-14}$). Le matériel utilisé a bien une influence sur la quantité d'adhésif restante. Cependant cet effet de groupe disparaît lors du polissage (à T3 $p=0,39$ pour le PVS et $p=0,11$ pour la dent). L'effet évaluateur également étudié n'est présent qu'à partir de T3, et de manière plus significative pour l'étude sur les dents ($p=0,0006$), que sur le PVS ($p=0,042$) (Tab.8).

Tableau 8 : Comparaison effet groupe, effet évaluateur aux différents temps opératoires

SCORE ARI : Test ANOVA 2 facteurs groupe/évaluateur				
Existe-t-il une différence significative entre les groupes ?				
	T1	T2	T3	T3 DENTS
Effet GROUPE	Oui ($p=0,006$)	Oui fort ($p=10^{-14}$)	Non ($p=0,39$)	Non ($p=0,11$)
Effet EVALUATEUR	Non ($p=0,84$)	Non ($p=0,15$)	Oui léger ($p=0,042$)	Oui ($p=0,0006$)

Nous avons également comparé les différents groupes à T2 grâce au test de Wilcoxon non apparié.

On constate ainsi une différence significative à T2 au niveau de la quantité d'adhésif restante sur l'émail entre G2 et G3 ($p=0,02$), entre G2 et G4 ($p=10^{-11}$) et entre G3 et G4 ($p=10^{-7}$). G4 semble être le groupe dans lequel la quantité d'adhésif est la moins importante (moy=0,3). Pour G3 et G2 les moyennes sont quasiment similaires avec une quantité inférieure pour G3 (moy=0,7) (Tab.9).

Tableau 9 : Comparaison entre les groupes à T2

T2 ARI : test WILCOXON non apparié	
Existe-t-il une différence significative entre :	
G2 et G3	Oui léger ($p=0,02$)
G2 et G4	Oui fort ($p=10^{-11}$)
G3 et G4	Oui fort ($p=10^{-7}$)
Moyenne	G2= 0,9 G3=0,7 G4=0,3

Enfin le test de Wilcoxon apparié a permis de montrer qu'il n'existe pas de différence statistiquement significative entre l'évaluation des clichés faite à T3 entre l'empreinte de la surface au PVS et l'évaluation de la dent au MEB. Sur 180 scores donnés, 115 sont identiques (Tab.10).

Tableau 10 : Comparaison entre le PVS et la dent à T3

SCORE ARI T3 : test WILCOXON apparié Existe-t-il une différence significative entre le PVS et la dent ?
Non ($p=0,17$)

Valeurs : T3 PVS-T3 DENTS		
-1	0	1
27	115	38

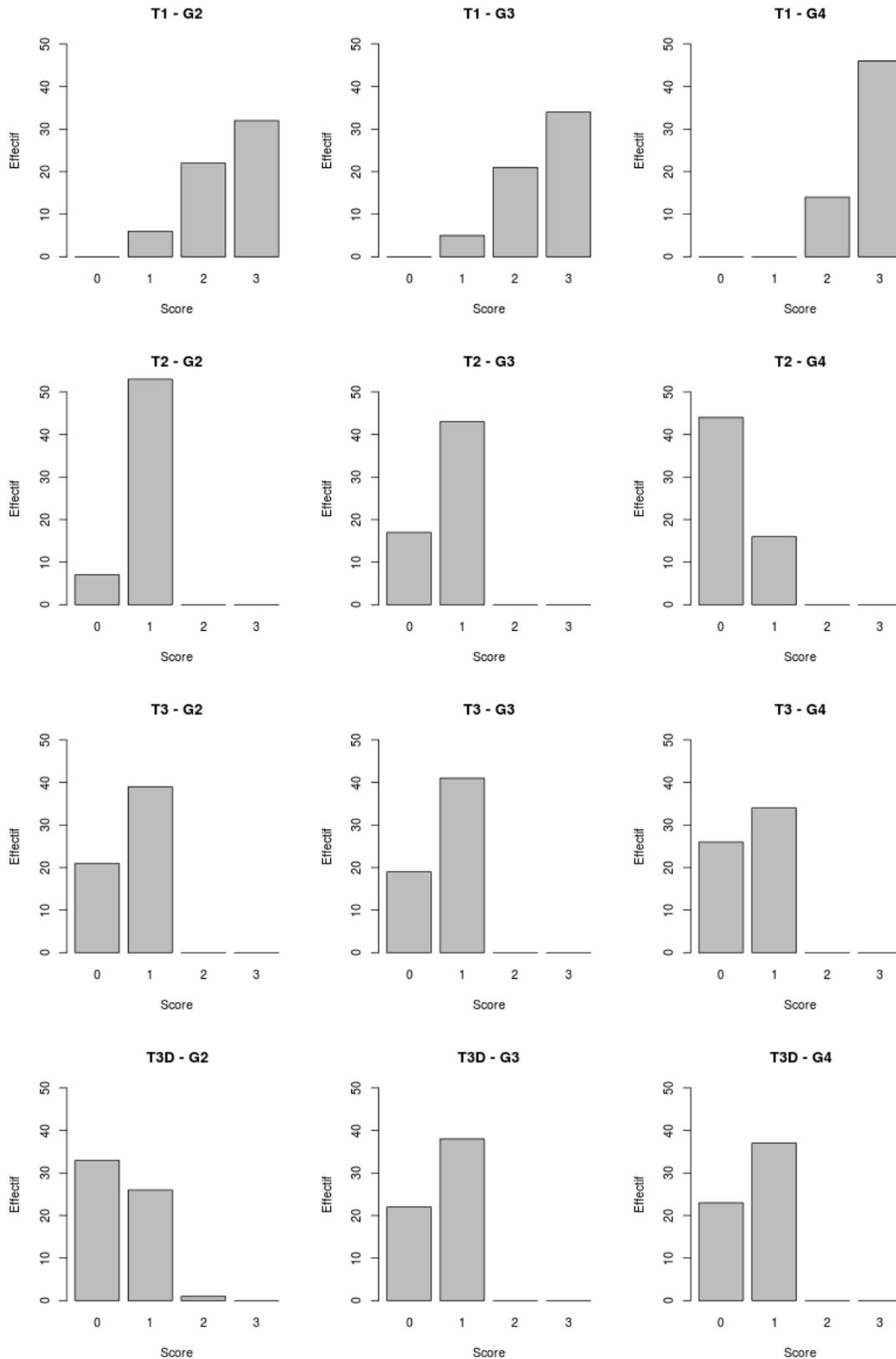


Figure 34 : Graphiques récapitulatifs du SCORE ARI

Etat de surface :

Le test ANOVA à 2 facteurs a montré un effet significatif du groupe présent à tous les temps opératoires pour les scores ESI et EDI ($p < 0,05$) (Tab.11). Le matériel utilisé a donc bien une influence sur l'état de surface obtenu. On observe en effet un état de surface plus altéré dans le G4 à T2 avec 105 scores « 3 » obtenus, 7 pour le G2 et 0 pour le G3 (Fig.35). De plus malgré le polissage, c'est de nouveau dans le G4 qu'on retrouve le nombre le plus important de score « 2 » donnés. Cependant, on constate également un effet évaluateur significatif présent à tous les temps et beaucoup plus important pour le ESI à T2 et T3. A l'inverse, l'effet évaluateur est plus important à T3 DENTS pour le EDI (Tab.11).

Tableau 11 : Comparaison effet groupe/effet évaluateur à tous les temps opératoires

SCORES EDI/ESI : Test ANOVA 2 facteurs groupe/évaluateur Existe-t-il une différence significative entre les groupes ?		
Score/Temps opératoire	Effet GROUPE	Effet EVALUATEUR
EDI T2	Oui ($p=10^{-16}$)	Oui ($p=0,02$)
EDI T3	oui ($p=10^{-16}$)	Oui ($p=0,03$)
EDI DENTS T3	Oui ($p=10^{-16}$)	Oui ($p=10^{-7}$)
ESI T2	Oui ($p=10^{-16}$)	Oui ($p=10^{-16}$)
ESI T3	Oui ($p=10^{-16}$)	Oui ($p=10^{-16}$)
ESI DENTS T3	Oui ($p=10^{-16}$)	Oui ($p=0,01$)

Le test de Wilcoxon apparié réalisé sur les 3 groupes à T3 pour comparer les scores donnés aux clichés réalisés à partir du PVS et ceux des dents a montré une différence significative pour le score ESI ($p=10^{-4}$). Concernant le score EDI, à l'inverse, aucune différence statistiquement significative n'a été mise en évidence entre le PVS et les dents ($p=0,3$) (Tab.12). Nous avons donc choisi de réaliser nos tests statistiques sur les données du score EDI.

Tableau 12 : Comparaison entre le PVS et la dent à T3

SCORE EDI/ESI T3 : test WILCOXON apparié Existe-t-il une différence significative entre le PVS et la dent ?									
EDI					ESI				
Non ($p=0,3$)					Oui ($p=10^{-4}$)				
Valeurs : T3 PVS-DENTS T3					Valeurs : T3 PVS-DENTS T3				
-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2
3	94	538	83	1	10	121	383	203	3

Il existe une différence statistiquement significative entre G2 et G3, entre G2 et G4 et entre G3 et G4 pour tous les enregistrements. Avec un état de surface meilleur pour G3 à T2 (moy=1,1), T3 (moy=0,8), et T3DENTS (moy=0,8) (Tab.13).

Tableau 13 : Comparaison entre les 3 groupes aux différents temps opératoires

SCORE EDI : test WILCOXON non apparié			
Existe-t-il une différence significative entre :			
Temps	Groupes	Significativité	Moyenne
T2	G2 et G3	Oui ($p=10^{-16}$)	G2=1,6
	G2 et G4	Oui ($p=10^{-16}$)	G4=2,4
	G3 et G4	Oui ($p=10^{-16}$)	G3=1,1
T3	G2 et G3	Oui ($p=0,01$)	G2=0,9
	G2 et G4	Oui ($p=10^{-16}$)	G4=1,2
	G3 et G4	Oui ($p=10^{-16}$)	G3=0,8
T3 DENTS	G2 et G3	Oui ($p=10^{-17}$)	G2=1
	G2 et G4	Oui ($p=10^{-6}$)	G4=1,2
	G3 et G4	Oui ($p=10^{-16}$)	G3=0,8

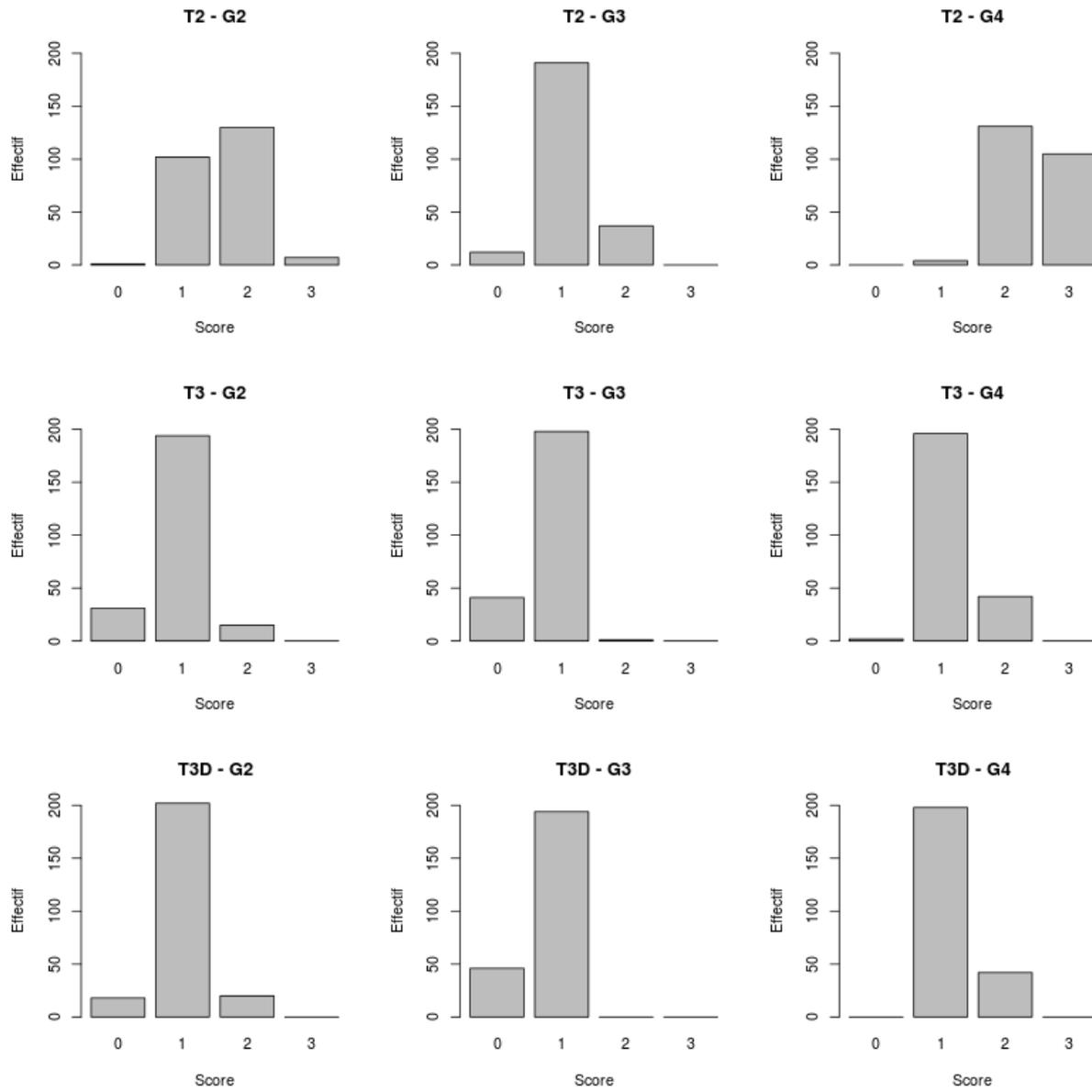


Figure 35 : Graphiques récapitulatifs du score EDI

Position de la dent sur le tyodont :

Tableau 14 : Influence de la position de la dent

Existe-t-il une influence de la position de la dent sur l'arcade : test ANOVA 1 facteur position	
avec	significativité
Temps de débague	Non (p=0,37)
ARI T2	Oui (p=0,003)
EDI T2	Oui (p=0,004)

Nous n'avons pas pu mettre en évidence d'influence de la position de l'échantillon sur la durée de dépose de colle (p=0,37).

Cependant la quantité d'adhésif restante sur la surface vestibulaire de collage et l'état de surface sont liés à la position de la dent sur le tyodont de manière statistiquement significative (Tab.14). On peut ainsi observer que le plus mauvais score (3) est obtenu sur la position 45 en majorité pour l'EDI. De même, Il semble rester plus d'adhésif au niveau de la 44.

d) Discussion

Dents

12 dents ont été incluses par groupe afin de pouvoir mener une étude statistique et obtenir des résultats significatifs (70). Nous avons choisi de réaliser notre étude sur des prémolaires car elles sont plus faciles à se procurer en nombre, et sont les dents également retrouvées dans la littérature pour ce type de recherche (63).

Opérateur

Toutes les manipulations ont été effectuées par un seul opérateur, afin de diminuer la variabilité inter-individuelle et donc un biais de manipulation. Si les trois étapes du débagueage sont « praticien-dépendant », le facteur temps intervient aussi. Ainsi, nous nous sommes appliqués à respecter un temps opératoire identique pour les temps de dépose et de polissage. Le temps de dépose de la colle a, quant à lui, été chronométré pour chaque prémolaire afin d'intégrer la durée de la dépose à notre réflexion.

La position de chaque dent sur le tyodont a également été notée dans le but de rechercher un possible manque d'efficacité en fonction de la position de la dent sur l'arcade : nous n'avons pas mis en évidence un effet statistiquement significatif de la position de la dent sur l'arcade sur le temps de débagueage ($p=0,37$) (Fig.36). A l'inverse, la position semble avoir un effet sur la quantité de colle restante ($p=0,003$) et sur l'état de surface ($p=0,004$) (Tab.14). Ces résultats montrent bien que cette étape est opérateur-dépendant. Pour notre étude, l'opérateur étant droitier, il semble éprouver plus de difficultés au niveau du secteur 4, avec un score moyen ARI le plus élevé (=1) au niveau de la 44, et le plus mauvais état de surface (=2,01) au niveau de la 45 (voir annexe).

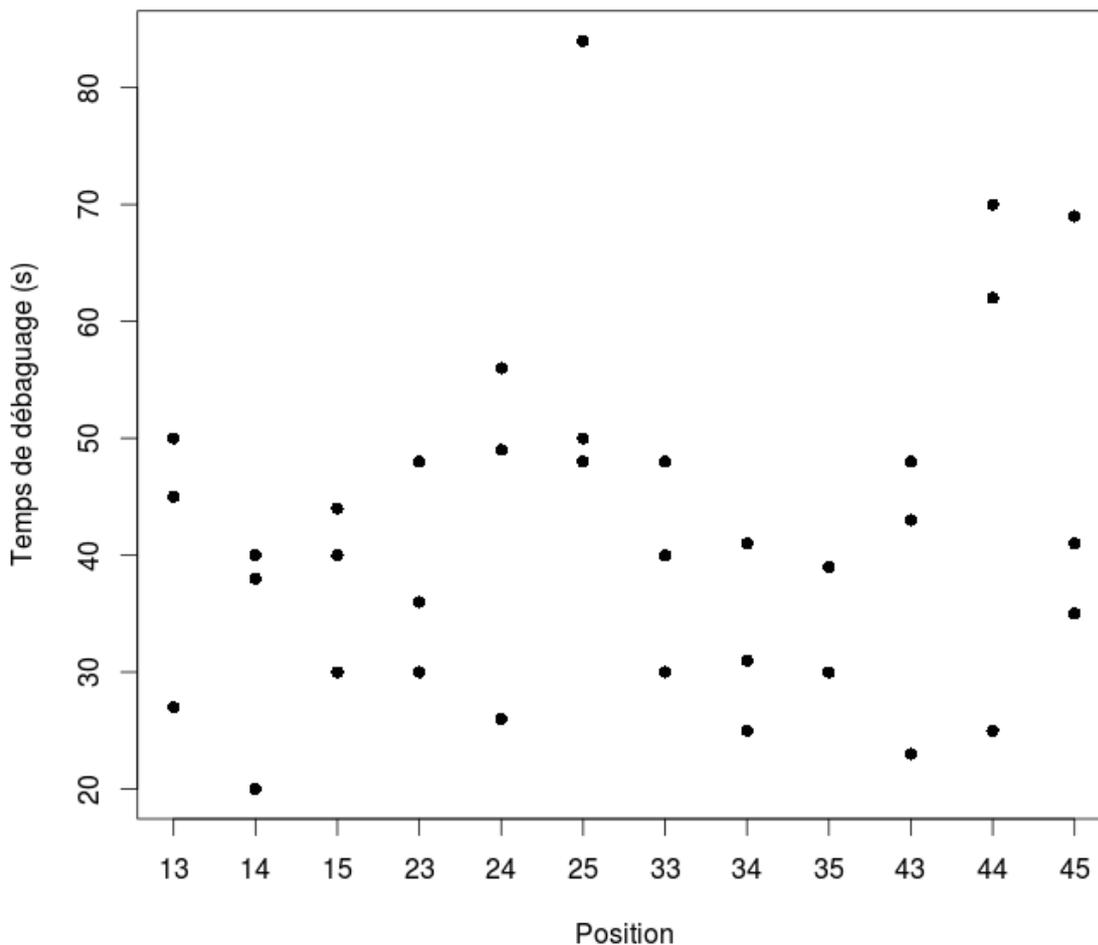


Figure 36 : Influence de la position de la dent sur le temps de débague : pas d'effet significatif

Matériel et protocole

Nous avons choisi des matériaux provenant de laboratoires différents, largement utilisés dans la littérature, ainsi qu'un protocole retrouvé dans de nombreuses études, ce qui permet une comparaison plus aisée avec leurs résultats. L'utilisation de brackets pré-encollés est toutefois moins décrite que celle de composite de collage. Ceci peut s'expliquer par une publication antérieure aux années 2000 d'une grande partie de la littérature de référence sur ce sujet.

Concernant le délai de 48 heures, choisi entre le collage et la dépose des attaches, certains auteurs ont décrit un temps de latence de 24 heures comme Zachrisson (17) ou Zarrinnia (46), ou plus long comme Eliades (72) qui attend 7 jours avant de passer

à l'étape suivante. Ces études ont toutefois été réalisées avec des brackets métalliques. En effet, selon Swartz, les brackets esthétiques permettent à la lumière de traverser l'attache lors de la polymérisation, la prise est donc plus complète que pour les brackets métalliques (20).

L'utilisation des disques Sof lex® montés sur contre-angle se révèle efficace (améliore de manière significative l'état de surface, pas de différence pour la quantité d'adhésif restante (Tab.7, Tab.13)), mais pour de faibles quantités d'adhésif, ce qui corrobore leur utilisation en phase de polissage (20). Cependant le passage des granulométries successives peut être un peu long pour une pratique quotidienne en libéral. Leur utilisation nécessite également une attention particulière quant au risque de lésion des tissus mous.

A propos du matériau à empreinte utilisé, on peut conclure que le PVS est une méthode fiable d'évaluation pour la quantité d'adhésif (Tab.10), car il n'existe pas de différence significative à T3 entre les deux modes d'évaluation. Les résultats obtenus à T1 et T2 peuvent donc être exploités pour décrire une situation clinique.

En revanche pour l'état de surface, le score ESI a montré une différence significative entre le PVS et la dent ($p=10^{-4}$), au contraire du score EDI ($p=0,3$) (Tab.12). Les tests statistiques ont donc été réalisés sur le score EDI pour pouvoir exploiter les données à T1 et T2.

Le score ESI a effectivement semblé plus compliqué à manipuler pour les évaluateurs, avec de nombreuses hésitations au moment d'attribuer les valeurs, cela peut être une explication à l'hétérogénéité des valeurs.

Enfin, les clichés effectués sur les échantillons de dents passées au MEB ont été réalisés à un grossissement de 35 (l'appareil utilisé étant différent en raison des difficultés à obtenir un « vide » suffisant avec le MEB utilisé pour l'étude des PVS), alors que le PVS a été étudié à un grossissement de 20. Cela n'a pas eu de conséquences sur l'évaluation de la quantité d'adhésif résiduel car aucune différence significative n'a pu être mise en évidence entre le PVS et la dent.

Dépose des attaches

Aucun de nos échantillons n'a obtenu de score ARI « 0 » ou sD « 1 » à T1. Bonetti en 2011, avait obtenu des résultats similaires en testant lui aussi des attaches préencollées (70). Cela peut être dû au temps de latence entre la pose et la dépose des attaches. Pour Kinch, le type de bracket utilisé, l'opérateur, la technique de dépose peuvent également être des explications (73).

Dépose de l'adhésif résiduel et polissage

Temps de dépose

Les temps de dépose enregistrés montrent un réel gain de temps avec la fraise CT haute vitesse ce qui est conforme à la littérature. La fraise diamantée étant plus abrasive et donc plus difficile à manipuler, le gain de temps n'est pas constaté sur nos échantillons par rapport à la fraise CT utilisée à haute vitesse. Elle doit donc être réservée à l'élimination de la colle la plus superficielle, ou des restes de brackets céramiques s'il y en a. Les écarts importants dans les groupes peuvent être expliqués par la quantité de colle, mais la position de la dent sur l'arcade n'influe pas (Tab.14).

Vitesse de rotation et augmentation de température :

La littérature montre que tous les systèmes rotatifs altèrent la surface amélaire. La sévérité des altérations dépend notamment de la vitesse de rotation des instruments, de la taille et de la composition des particules abrasives. Bonetti parle aussi de la pression des instruments sur la surface amélaire (70). Dans notre étude, le choix de la vitesse de rotation (8000 et 200000 tr/min) a été guidé par celles utilisées dans la littérature (63). La rotation basse vitesse se situe en dessous des 20 000 tr/min, mais varie selon les études : 20 000 tr/min pour Bonetti en 2011 (70), 7400 tr/min pour Hosein en 2003 (22).

La turbine a été utilisée avec de l'eau pour diminuer l'augmentation de température décrite à haute vitesse (74) (+ 5,23°C à 10,14°C à 290000tr/min). Cependant les contre-angles ont été utilisés sans eau comme cela a été décrit dans certaines études (65) (46), y compris à 200000 tr/min, et c'est un mode d'utilisation fréquemment retrouvé en pratique quotidienne.

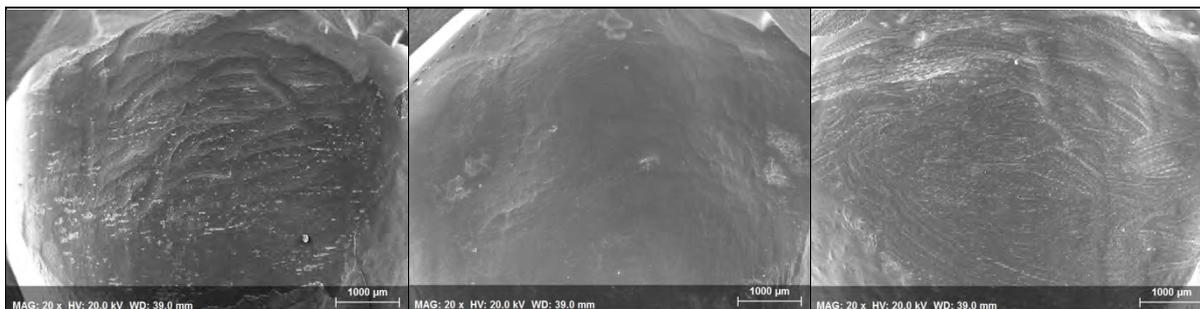


Figure 37 : Surfaces vestibulaires au MEB, grossissement 20, à T2 (après nettoyage de la colle) : fraise CT haute vitesse, fraise CT basse vitesse, fraise diamantée (CP)

Quantité d'adhésif restante :

Les données obtenues montrent bien une efficacité des différents protocoles testés à T2 et une différence significative entre eux. En terme de dépose de la colle les trois fraises testées sont efficaces. La fraise CT utilisée à haute vitesse (G2) semble moins efficace que la fraise CT utilisée à basse vitesse (G3) (Tab.9). La fraise diamantée (G4) obtient la moyenne (moyenne des scores donnés par les évaluateurs) la plus basse (=0,3) avec une majorité de score « 0 », ceci peut être expliqué par le fait que la surface présente tellement de rayures que l'adhésif est difficilement repérable. En effet on constate sur le graphique (Fig.34) que le nombre de score « 1 » augmente entre T2 et T3 pour G4, alors que le nombre de « 0 » diminue. Cela veut dire que les évaluateurs ont trouvé plus de colle après le polissage, ce qui semble incohérent.

Les scores ARI ou sD (et ce, même si le score comporte plus de grades) ne sont pas assez précis pour nous permettre de mettre en évidence une différence au niveau de la quantité de colle restante entre T2 et T3 ($p=0,39$). En effet, pour le score ARI toutes les valeurs sont de « 0 » ou « 1 » à T2 et T3 et pour sD elles sont de « 1 » ou « 2 » (voir annexe). Nous avons voulu être plus précis en utilisant le score sD, mais cela ne permet toujours pas d'être assez discriminant à l'étape du polissage. Il permet donc de diminuer les différences entre les groupes, la quantité d'adhésif restante après polissage devient plus homogène (Fig.34).

L'évaluation est subjective et on voit apparaître une hétérogénéité entre les évaluateurs à partir de T3. L'impression clinique est qu'il reste plus d'adhésif à T3 pour le groupe G3, cela n'est cependant pas mis en évidence statistiquement.

On peut constater également un effet de groupe à T1 ($p=0,006$), cela peut être dû au hasard, la manipulation effectuée ayant été la même pour toutes les dents des 3 groupes.

L'effet évaluateur beaucoup plus important à T3DENTS ($p=0,0006$) (Tab.8) peut être expliqué par une surface plus difficile à évaluer : en effet le passage au MEB des organes dentaires crée des fissures et des fractures qui peuvent dérouter l'évaluateur.

Etat de surface :

Selon nos enregistrements, la fraise carbure de tungstène à basse vitesse produit un état de surface moins altéré (moyT2=1,1) que la fraise carbure de tungstène à haute vitesse (moyT2=1,6). La vitesse de rotation influence donc bien l'altération de l'émail : plus elle diminue plus on préserve l'émail. L'état de surface le plus altéré est celui après le passage de la fraise diamantée (moyT2=2,4) (Fig.35, Tab.13).

Après les phases de polissage les états de surface des échantillons de G2 et G3 sont quasiment identiques (moyG2=0,9 moyG3=0,8), mais avec une différence qui reste statistiquement significative, et un état de surface moins altéré pour G3 (Tab.13). Le « pvalue » est d'ailleurs plus grand que pour les autres tests ($p=0,01$). La moyenne du score EDI obtenue dans le G4 est supérieure à tous les temps opératoires, et est statistiquement significative même à T3. Ainsi, même si le polissage améliore grandement l'état de surface dans le groupe G4 (la moyenne des scores est divisée par deux (Tab.13)), il ne permet pas de rattraper toutes les rayures induites par l'utilisation de la fraise diamantée (Fig.35).

La phase de polissage est donc essentielle mais ne suffit pas non plus à rendre un émail « ad integrum ». Aucun instrument ne le permet à l'heure actuelle, les fissures et rayures restantes étant des facteurs de risque pour la coloration amélaire ou la diminution de la résistance de l'émail aux attaques acides. Cependant, l'émail va également être altéré tout au long de la vie de manière naturelle par le brossage ou d'autres procédés (75).

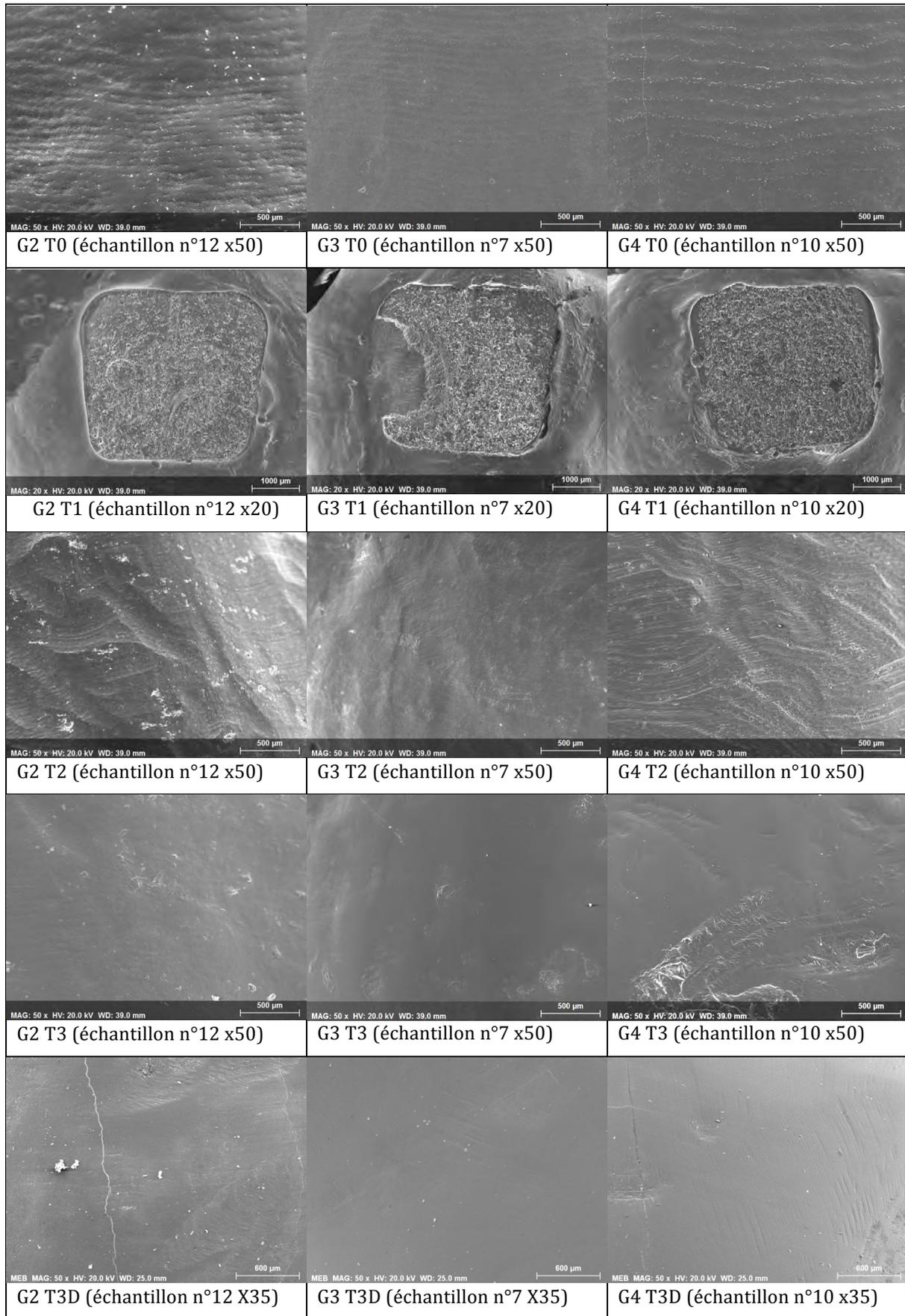


Figure 38 : Evolution des surfaces amélares en fonction du Groupe et du Temps opératoire au MEB (CP)

Evaluation des données

Nous avons employé dans notre étude des scores utilisés de nombreuses fois dans la littérature pour faire une évaluation qualitative des surfaces obtenues aux différentes étapes. Cependant ces scores ont leurs limites. En effet pour l'évaluation de l'adhésif résiduel à T3, la totalité des échantillons est maximum à ARI 1 ou sD 2, cependant à l'étude des clichés les deux fourchettes données (de 0 à 50 % pour le ARI et de 0 à 25 % pour le sD) sont trop larges et ne permettent pas une analyse précise de la situation ou de mettre en évidence des différences entre les groupes, qui pourtant sont constatées de manière empirique. De plus cette évaluation reste subjective et est donc soumise à la variabilité inter et intra individuelle. Afin de réduire au maximum ces biais nous avons demandé à 5 examinateurs différents de scorer les clichés. Un document leur a également été proposé avec des exemples de scores pour procéder à un étalonnage. Mais malgré la présence de ces 5 évaluateurs différents, il reste une grande hétérogénéité dans les valeurs obtenues, avec un effet évaluateur significatif plus marqué pour l'état de surface. Ceci constitue la limite de ces évaluations subjectives. Une piste serait de supprimer statistiquement les valeurs extrêmes (minimum et maximum) afin de diminuer la variabilité.

Actuellement plusieurs méthodes ont été étudiées dans la littérature pour évaluer les surfaces de manière plus précise et donc mieux comprendre le collage et le débagueage (76). Par exemple la tomographie à cohérence optique de Koprowski et al en 2014 (77) est une méthode qui permet d'analyser des résidus d'adhésifs (et de les localiser), des surfaces amélaire en 2 et 3 dimensions en obtenant des coupes transversales des microstructures. Un calcul automatisé pourrait aussi être envisagé en développant un algorithme spécifique pour le logiciel Image J, par exemple.

Ainsi, l'impression clinique ressentie après les différentes étapes du protocole et l'étude des clichés est la suivante : la fraise CT haute vitesse est plus rapide d'utilisation, laisse moins de colle mais raye plus la surface amélaire que la fraise CT basse vitesse qui laisse plus de colle, est moins efficace en terme de rapidité mais donne un meilleur état de surface. La fraise diamantée n'est pas beaucoup plus rapide que la fraise CT haute vitesse, mais détériore de manière significative la surface

amélaire. L'analyse statistique permet de corroborer la plupart de ces impressions, mais n'est pas significative concernant la quantité d'adhésif résiduel finale.

De notre étude ex vivo, nous pouvons conclure que :

- La surface vestibulaire de collage est altérée quel que soit le protocole, mais le rendu visuel est acceptable.
- Le protocole le plus respectueux de la surface amélaire est celui du groupe G3 (fraise carbure de tungstène basse vitesse), mais il nécessite un temps de travail plus long pour le praticien.
- Les trois protocoles sont efficaces concernant la quantité d'adhésif résiduel restante.
- La fraise carbure de tungstène basse vitesse semble légèrement plus efficace que la fraise carbure de tungstène haute vitesse en terme de dépose de la colle.
- Les scores utilisés dans notre étude ne permettent pas de mettre en évidence un protocole plus efficace en terme de quantité d'adhésif résiduel restante après le polissage.
- Le polissage est une étape indispensable de la dépose des attaches et permet d'améliorer l'état de surface amélaire mais également le rendu esthétique.
- La fraise diamantée ne doit pas être utilisée pour la dépose de la colle résiduelle, mais réservée à certains cas particuliers (restes de brackets céramiques sur la dent par exemple).

4) Ressenti du patient

La douleur est définie par l'OMS comme une expérience sensorielle et émotionnelle désagréable, associée à une lésion tissulaire réelle ou potentielle ou décrite en ces termes. La douleur et l'inconfort durant le traitement orthodontique sont des expériences décrites comme communes dans la littérature (78), et présentes pour plus de 95 % des patients (79). Les différentes publications ont cherché à mesurer l'importance de la douleur après la pose du système multi-attaches, après la pose de séparateurs, ou après les rendez-vous de changement d'arc par exemple (80). L'expérience de douleur ou d'inconfort est également décrite pour le débagueage, notamment pour la dépose des attaches proprement dite (81). Les facteurs environnementaux comme l'âge, le sexe, la durée du traitement, l'implication et la motivation du patient, la prise d'antalgiques sont également beaucoup étudiés (82). Selon Sergl, l'état d'esprit du patient avant le début de son traitement, la conscience de sa malocclusion et de son besoin de traitement va influencer son ressenti et son comportement durant le traitement (83) : un patient qui s'attend à avoir mal aura plus de sensations douloureuses ou inconfortables par exemple. Ainsi le seuil d'inconfort est vraiment patient dépendant. Il n'existe pas de consensus dans la littérature quant à leur ressenti selon le sexe. Si certaines études montrent que les femmes ressentent plus la douleur et pendant une durée plus importante, d'autres n'ont trouvé aucune différence significative (84). De même pour l'âge, beaucoup de recherches ont prouvé que les patients jeunes ressentent moins la douleur que les patients plus âgés. Pour Scheurer, c'est entre 13 et 16 ans qu'on enregistre le plus d'épisodes douloureux (80). Ainsi la littérature a beaucoup étudié le sujet de la douleur pendant les traitements orthodontiques, mais est inexistante concernant l'effet des différents systèmes de dépose de colle du point de vue des patients. Plusieurs études parlent de l'inconfort de certaines techniques (ultrasons pour la dépose de la colle par exemple (22)), mais sans tests spécifiques. La dentisterie restauratrice possède, elle, quelques études ayant pour sujet les préférences des patients concernant les différents systèmes de préparation de cavité. L'étude de Malmström en 2003, étudie par exemple le ressenti des patients entre l'aéroabrasion et les instruments rotatifs classiques pour la prise en charge des caries en fissure sur les prémolaires mandibulaires. Les patients préfèrent ainsi l'aéroabrasion (85). L'échelle visuelle analogique est la plus utilisée dans ces études pour avoir une idée

du ressenti du patient ; la plupart des études utilisent également des questionnaires avec des questions ciblées en fonction des axes de recherche.

Nous avons ainsi voulu étudier le ressenti du patient pendant la dépose de l'adhésif résiduel en comparant les deux types de vitesse de rotation continue utilisés dans notre étude ex vivo, et voir si les résultats subjectifs obtenus pouvaient être corrélés à ceux obtenus sur nos échantillons. Les deux fraises carbure de tungstène utilisées dans l'étude in vivo, étaient donc identiques à celles utilisées dans la recherche ex vivo.

a) Matériel et Méthode

32 patients d'un cabinet libéral du centre-ville Toulousain, en fin de traitement orthodontique avec indication de dépose des attaches, doivent être inclus dans l'étude. Etant mineurs, le consentement du représentant légal est demandé avant le début de l'étude.

Deux groupes (A et B), de 16 patients chacun, randomisés, ont été constitués au préalable, par tirage au sort. L'étude est réalisée en « split mouth » droite/gauche, sur l'arcade maxillaire, en simple aveugle, pour tester sur un même patient les deux types de rotation continue.

Les deux groupes ont été répartis comme suit :

- Groupe A : Haute vitesse à droite, basse vitesse à gauche
- Groupe B : Haute vitesse à gauche, basse vitesse à droite

La procédure de débague utilisée est réalisée par le même opérateur, Ulysse Calleda, collaborateur du cabinet libéral, dans le cadre de son mémoire de fin d'internat. Les étapes de dépose des attaches et de polissage sont identiques. La dépose des attaches est faite avec une pince coupante.

La dépose de l'adhésif résiduel est effectuée avec des fraises identiques à celles utilisées pour la phase ex vivo : fraises carbure de tungstène Stoner® à haute vitesse d'un côté et basse vitesse de l'autre, sous irrigation. La fraise diamantée n'est pas testée in vivo, en accord avec les données acquises de la science.

Tableau 15 : Tableau récapitulatif du matériel de dépose de l'adhésif

Matériel	Vitesse rapide	Vitesse lente
Fraise Carbure de tungstène bague rouge 8 lames	TC 375R 314 016 (Stoner France, Toulouse, France)	TC 283K 214 016 (Stoner France, Toulouse, France)
Contre-angle	Bague rouge (TiMax X95L 1:5, NSK France, Paris, France)	Bague verte (TiMax X15L 4 :1, NSK France, Paris, France)
Moteur	TiMax M40N (NSK France, Paris France)	TiMax M40N (NSK France, Paris France)
Vitesse de Rotation	200 000 tr/min	10 000 tr/min

Un contrôle visuel est réalisé pour déterminer la fin de la dépose, associé à une prise de photographies intra-buccales (une par côté) à l'aide d'un appareil photo CANON Powershot G15.

Une phase de polissage est ensuite réalisée avec un polissoir Komet® (9524UF.204.050, Komet France, Paris, France) puis passage d'une brosse sur contre-angle.

Le ressenti du patient à ces deux procédures de dépose de l'adhésif résiduel est évalué grâce à un questionnaire composé de 12 questions, établi sur tablette tactile à l'aide de l'application QuickTapSurvey®.

La 1^{ère} question est renseignée par l'opérateur et donne le détail du « split mouth » : contre-angle à droite ou à gauche, en fonction de la randomisation. Le consentement du responsable légal est recueilli grâce à la seconde question. Les réponses aux 10 questions suivantes sont renseignées par le patient lui-même après les différentes étapes de la procédure. Elles permettent de recueillir l'âge, le sexe du patient dans un premier temps. Les questions portent, ensuite, sur la sensibilité et les différences ressenties ou non entre la droite et la gauche, grâce à des questions fermées (Oui/Non), une échelle visuelle analogique et enfin une question ouverte avec possibilité de commentaires personnels.

The figure displays 12 sequential screenshots of a patient questionnaire on a mobile device. The questions and their corresponding input methods are as follows:

- Screen 1:** "randomisation" with two radio button options: "- CA R côté droit" and "- CA R côté gauche".
- Screen 2:** Text introduction: "Nous allons essayer deux types d'instrumentation qui sont toutes les deux couramment utilisées par les orthodontistes. Et dans un souci lié au confort du patient, nous évaluons nos pratiques et nous sollicitons votre avis." followed by "J'accepte que mon fils/ma fille participe à l'étude" and a "Continuer" button.
- Screen 3:** "Age ?" with a grid of radio button options for ages 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, and 17.
- Screen 4:** "Quel est votre sexe?" with two circular icons: a blue male icon and a purple female icon.
- Screen 5:** "Avez vous eu des sensibilités dentaires lors de la dépose de votre appareil du haut ?" with two circular buttons: a green "OUI" button and a red "NON" button.
- Screen 6:** "Estimez cette sensibilité sur une échelle de 1 à 10" with a slider scale from 1 to 10, currently set at 5.
- Screen 7:** "Avez-vous eu des sensibilités dentaires lors de la dépose du composite de collage (la colle) ?" with two circular buttons: a green "OUI" button and a red "NON" button.
- Screen 8:** "Etait-elle différente à votre droite ou à votre gauche ?" with two circular buttons: a green "OUI" button and a red "NON" button.
- Screen 9:** "Estimez cette sensibilité sur une échelle de 1 à 10 à votre DROITE" with a slider scale from 1 to 10, currently set at 5.
- Screen 10:** "Estimez cette sensibilité sur une échelle de 1 à 10 à votre GAUCHE" with a slider scale from 1 to 10, currently set at 5.
- Screen 11:** "Avez vous perçu des différences entre côté droit et côté gauche ?" with two circular buttons: a green "OUI" button and a red "NON" button.
- Screen 12:** "Lesquelles ?" with a text input field and a keyboard overlay.

Figure 39 : Questionnaire proposé au patient sur QuickTapSurvey®

Les données, recueillies sur une feuille de calcul grâce à l'application, doivent ensuite être traitées pour faire l'objet d'une étude statistique.

b) Aperçu des résultats

Nous présentons ici, un aperçu des résultats sur 20 patients, l'étude étant toujours en cours. Le manque de puissance de l'échantillon ne permet pas de faire une analyse statistique, elle sera réalisée après obtention des 32 sondages.

L'âge moyen de l'échantillon est de 15,1 ans, avec des patients âgés de 10 à 17 ans. Il est composé à 60% de patients de sexe féminin, et 40% de sexe masculin.

A ce stade de l'étude, concernant la randomisation, nous avons 8 patients dans le groupe A, et 12 patients dans le groupe B.

Concernant la dépose des attaches orthodontiques (Question n°5), seulement 35% des patients décrivent des sensibilités à cette étape. Et cette sensibilité est chiffrée au grade « 1 » pour 65% des patients, sur une échelle visuelle analogique (EVA) allant de 1 à 10 (10 représentant une douleur très intense, 1 pas de sensibilité). Seulement 5% des patients (soit 1 réponse) ont donné un score égal à « 6 » (score maximum donné). Une majorité de patients n'a pas ressenti de sensibilité lors de la dépose de la colle (80%), avec une majorité de grade « 1 » donné (80%) sur l'EVA.

Seulement 35% des patients ont trouvé une différence entre la dépose de la colle à droite et celle à gauche (Question n°9).

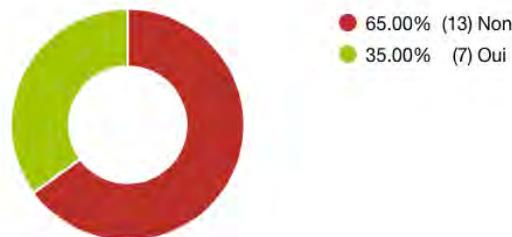


Figure 40 : Répartition des réponses de la question n°9 : la sensibilité était-elle différente à votre droite ou à votre gauche ?

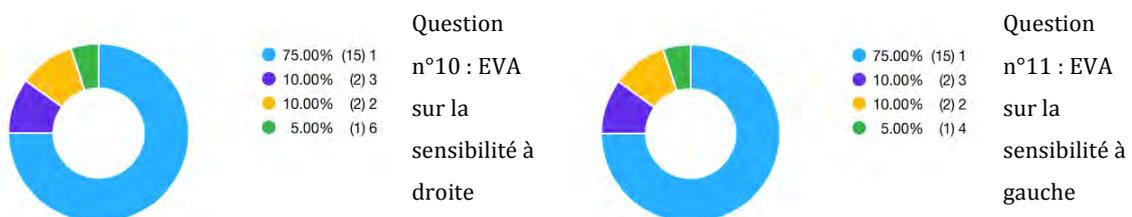


Figure 41 : Répartition des réponses aux questions 10 et 11 : estimation de la sensibilité

Le niveau « 1 » sur l'EVA est celui donné par 75% des patients, pour définir leur ressenti que ce soit à droite ou à gauche.

Le score le plus élevé obtenu à droite (« 6 »), correspond à un patient ayant enregistré une différence de sensibilité entre les deux côtés, et faisant partie du groupe B (haute vitesse à gauche, basse vitesse droite). Le score le plus élevé enregistré à gauche (« 4 ») a été donné par ce même patient. Pour lui, les différences perçues entre les deux côtés étaient des vibrations (Questions n°11 et 12).

Une minorité des patients (35%) décrit une différence entre les deux côtés, soit 7 patients (Question n°11). A la question ouverte « quelle différence ? » (Question n°12), 4 d'entre eux ont répondu « des vibrations », un patient a parlé du bruit, un patient faisant partie du groupe B (Basse vitesse droite) a décrit un temps plus long à droite et un patient également du groupe B a répondu « c'était plus fort à droite ». Ce dernier patient a également donné un score de sensibilité sur l'EVA plus important à droite « 3 », qu'à gauche « 2 ». Un patient du groupe A (Haute vitesse droite), ayant également perçu des différences de sensibilité entre les deux cotés a donné un score plus élevé sur l'EVA à gauche « 3 » (« 2 » pour le côté droit).

c) Discussion

Protocole

32 patients doivent être inclus afin d'obtenir des résultats statistiquement significatifs.

De même que pour l'étude ex vivo, la procédure de dépose des attaches et de nettoyage a été réalisée par un seul opérateur pour diminuer la variabilité inter-individuelle. Les fraises utilisées étaient strictement identiques à celle utilisées dans l'étude ex vivo afin d'obtenir un maximum de corrélation entre les deux études. Cependant les impératifs du cabinet libéral dans lequel a été réalisée l'étude, n'ont pas permis d'appliquer le protocole en entier de manière identique. En effet, le protocole in vivo a été réalisé sous irrigation, au contraire de celui ex vivo. De plus la vitesse du contre-angle bague verte était légèrement plus élevée (10 000 tr/min vs 8 000 tr/min) dans ce protocole. Il faut donc en prendre compte dans l'interprétation de nos résultats.

Dépose de l'adhésif résiduel

Les résultats préliminaires, recensés sur 20 patients, ne montrent pas de différence de ressenti entre les deux procédures pour la majorité des patients. On obtient une majorité de score « 1 » donné sur l'EVA à propos de la sensibilité ressentie aux différentes étapes, c'est à dire pas de sensibilité ressentie.

Tableau 16 : Tableau récapitulatif des scores donnés pour les patients ayant ressenti une différence entre les deux côtés (Question n°8)

Sensibilité à gauche sur EVA	Sensibilité à droite sur EVA	Groupe
3	2	A
4	6	B
3	2	B
3	3	A
2	1	B
1	2	A
1	1	B

Pour les patients ayant ressenti une différence, ils décrivent des vibrations et du bruit mais on ne peut pas mettre en évidence une procédure plus douloureuse que l'autre (Tab.16). Même si le score le plus élevé est obtenu après le passage de la fraise CT basse vitesse, d'autres patients ressentent une sensibilité plus importante au passage de la fraise CT haute vitesse. De plus, des patients ayant décrit une différence de sensibilité ont mis le même score aux deux côtés. Il est donc impossible de différencier ces deux procédures à ce stade de l'étude.

L'irrigation peut toutefois être un facteur rendant la procédure plus agréable pour le patient, et la différenciation entre les deux côtés plus difficile.

Méthode d'évaluation

Les résultats préliminaires obtenus sur cet échantillon de 20 patients montrent bien la difficulté d'étudier le ressenti, tant il est subjectif. L'échelle visuelle analogique est un moyen d'évaluation retrouvé dans de nombreuses études, mais cela reste une analyse subjective et donc très patient-dépendante.

On peut conclure sur nos 20 patients que les deux procédures sont confortables et satisfaisantes pour eux. Les différences perçues concernent la vibration et le bruit, mais sans désigner une procédure en particulier. De plus, aucun des sujets interrogés ne fait état de douleurs.

Conclusion

La dépose des attaches orthodontiques est une étape à risque de délabrement pour la surface amélaire mais nécessaire. Il convient de tout mettre en œuvre pour respecter au maximum l'émail mais aussi pour rendre cette procédure la plus confortable possible pour notre patient.

Si nous n'avons à l'heure actuelle aucun matériau nous permettant de restaurer la surface vestibulaire de collage « ad integrum », l'utilisation d'une fraise carbure de tungstène à basse vitesse semble permettre de retrouver l'état de surface le plus satisfaisant. De plus le patient ne semble pas plus gêné par les vibrations et le bruit entraînés par ce type de rotation. Cette méthode de nettoyage amélaire est également efficace en ce qui concerne la quantité d'adhésif résiduel restante, qui est faible. Le praticien doit cependant prendre en compte dans son organisation le temps de dépose plus long que nécessite ce type de rotation.

Notre étude, basée sur des mesures qualitatives, est donc soumise à une certaine subjectivité et à l'imprécision de ce type d'évaluation. Il serait maintenant intéressant de poursuivre notre recherche en soumettant ces mêmes échantillons à une étude qualitative avec une mesure précise de la quantité d'adhésif résiduel et de la perte d'émail. L'analyse en microscopie optique des couronnes dentaires, incluses dans de la résine puis sectionnées permettrait de mesurer la profondeur de perte. En superposant les différents temps opératoires et en les comparant à l'aide d'un logiciel spécifique, on obtiendrait ainsi des données objectives. Cela permettrait également de comparer les résultats qualitatifs et quantitatifs.

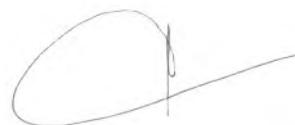
Vu, le Directeur de thèse :



Vu, le Co-Directeur de thèse :



Vu, le Président du jury :



Annexes

Tableaux récapitulatifs des scores donnés par les 5 évaluateurs pour chaque groupe, à chaque temps opératoire :

SCORE ARI												
Temps	T1			T2			T3			T3D		
Groupe Score	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4
0	0	0	0	7	17	44	21	19	26	33	22	23
1	6	5	0	53	43	16	39	41	34	26	38	37
2	22	21	14	0	0	0	0	0	0	1	0	0
3	32	34	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0

SCORE sD												
Temps	T1			T2			T3			T3D		
Groupe Score	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4
1	0	0	0	7	17	44	21	20	26	34	22	23
2	0	5	0	53	43	16	39	40	34	26	38	37
3	9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	8	2	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	12	19	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	31	34	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0

SCORE EDI									
Temps	T2			T3			T3D		
Groupe Score	2	3	4	2	3	4	2	3	4
0	1	12	0	31	41	2	18	46	0
1	102	191	4	194	198	196	202	194	198
2	130	37	131	15	1	42	20	0	42
3	7	0	105	0	0	0	0	0	0

SCORE ESI									
Temps	T2			T3			T3D		
Groupe Score	2	3	4	2	3	4	2	3	4
0	0	10	0	21	34	2	3	42	0
1	32	98	0	115	152	76	130	184	124
2	148	125	28	103	54	159	106	14	110
3	57	7	205	1	0	3	1	0	6
4	3	0	7	0	0	0	0	0	0

Tableaux récapitulatifs des scores donnés par les 5 évaluateurs à T2 :

Tableau croisé score ARI T2/Position échantillon sur arcade												
Position Score	13	14	15	23	24	25	33	34	35	43	44	45
0	6	11	7	5	4	5	3	5	10	5	0	7
1	9	4	8	10	11	10	12	10	5	10	15	8
Moy score	0,6	0,27	0,53	0,67	0,73	0,67	0,8	0,67	0,33	0,67	1	0,53

Tableau croisé score EDI T2/Position échantillon sur arcade												
Position Score	13	14	15	23	24	25	33	34	35	43	44	45
0	0	3	1	0	2	2	0	0	5	0	0	0
1	25	19	27	23	35	28	16	24	23	28	31	18
2	26	33	21	25	19	18	36	27	25	24	21	23
3	9	5	11	12	4	12	8	9	7	8	8	19
Moy Score	1,73	1,67	1,70	1,81	1,41	1,67	1,87	1,75	1,57	1,67	1,62	2,01

Table des illustrations

FIGURE 1 : STRIES DE RETZIUS SELON GOLDBERG (6).....	13
FIGURE 2 : A. PERIKEMATIES (SURFACE VESTIBULAIRE, GROSSISSEMENT X20 AU MICROSCOPE ELECTRONIQUE A BALAYAGE MEB) CLICHE PERSONNEL (CP), B. PERIKEMATIES SELON KAQUELER (7).....	13
FIGURE 3 : INTERFACE DE COLLAGE SELON HITMI (11)	14
FIGURE 4 : DIFFERENTS SYSTEMES DE COLLAGE (CLICHE DR HITMI (9))	16
FIGURE 5 : EMAIL NON MORDANCE. EMAIL APRES MORDANÇAGE A L'ACIDE ORTHOPHOSPHORIQUE 37% PENDANT 30S, D'APRES HITMI (9)	19
FIGURE 6 : EXEMPLE D'ARRACHEMENT AMELAIRE APRES DEPOSE D'UN BRACKET ESTHETIQUE SELON SWARTZ (20).....	20
FIGURE 7 : A. B. TECHNIQUES DE COMPRESSION DES AILETTES, C. TECHNIQUE D'ARRACHEMENT AVEC LA PINCE A DEBAGUER SELON HOLBERG (36)	21
FIGURE 8 : SABLAGE AVEC LE SYSTEME SANDTRAN® SELON KIM (49)	25
FIGURE 9 : SOF LEX DICS® 3M (CP), POLISSOIRS EN CUPULE ET ZRO2 KOMET® (CLICHES DR MARCHE-SOLIGNI (10)).....	27
FIGURE 10 : FORMULAIRE GOOGLE FORMS® ET FICHIER DE REPONSES GOOGLE SHEETS®.....	31
FIGURE 11 : REPARTITION DES REPONSES AU SONDAGE.....	32
FIGURE 12 : REPARTITION DES REPONSES CONCERNANT LE TYPE DE FRAISE UTILISE.....	32
FIGURE 13 : TESTS PHOTOGRAPHIES BOITE A IMAGES ET LOUPE BINOCULAIRE, PVS, MEB (CP)	34
FIGURE 14 : TRI DES PREMOLAIRES (CP).....	35
FIGURE 15 : A. TURBINE, B. FRAISE DIAMANTEE, C. FRAISE DIAMANTEE GROSSISSEMENT 6,4 (CP).36	
FIGURE 16 : A. CONTRE-ANGLE BAGUE ROUGE, B. FRAISE CARBURE DE TUNGSTENE, C. FRAISE CARBURE DE TUNGSTENE GROSSISSEMENT 6,4 (CP)	37
FIGURE 17 : A. CONTRE-ANGLE BAGUE VERTE, B. FRAISE CARBURE DE TUNGSTENE, C. FRAISE CARBURE DE TUNGSTENE GROSSISSEMENT 6,4 (CP)	37
FIGURE 18 : TYPODONTS AVEC LES ECHANTILLONS. TYPODONT FIXE AU FAUTEUIL DENTAIRE (CP)	38
FIGURE 19 : ETAPE DE COLLAGE (CP).....	39
FIGURE 20 : PREPARATION DES PVS DES 3 GROUPES (CP)	40
FIGURE 21 : ACIDE ORTHOPHOSPHORIQUE 37 % UTILISE (CP)	40
FIGURE 22 : ETAPE DE MORDANÇAGE (CP)	41
FIGURE 23 : MATERIAUX DE COLLAGE	41
FIGURE 24 : POSE DES ATTACHES (CP)	42
FIGURE 25 : DEPOSE DES ATTACHES	42
FIGURE 26 : BOITIER STONER®, DEPOSE DE LA COLLE AVEC LA FRAISE DIAMANTEE, PHOTOGRAPHIE POST NETTOYAGE A LA FRAISE DIAMANTEE, PRISE EN MODE MACRO ET PRISE AVEC UNE LOUPE BINOCULAIRE X6,4 (CP)	43
FIGURE 27 : POLISSAGE (CP)	43
FIGURE 28 : MICROSCOPE ELECTRONIQUE A BALAYAGE JEOL JSM-6400. INSA TOULOUSE (CP).....	44
FIGURE 29 : METALLISATION DES ECHANTILLONS, ECHANTILLONS METALLISES, CLICHE X20 (CP)	45
FIGURE 30 : MEB JEOL JSM-5310 LV INSA TOULOUSE. ECHANTILLONS AVANT METALLISATION. ECHANTILLONS APRES METALLISATION (CP)	45
FIGURE 31 : SCORES ARI (CP).....	46
FIGURE 32 : SCORES ESI SELON ZACHRISSON (17).....	48
FIGURE 33 : SCORES EDI (CP).....	48
FIGURE 34 : GRAPHIQUES RECAPITULATIFS DU SCORE ARI	53
FIGURE 35 : GRAPHIQUES RECAPITULATIFS DU SCORE EDI	56
FIGURE 36 : INFLUENCE DE LA POSITION DE LA DENT SUR LE TEMPS DE DEBAGUAGE : PAS D'EFFET SIGNIFICATIF	59

FIGURE 37 : SURFACES VESTIBULAIRES AU MEB, GROSSISSEMENT 20, A T2 (APRES NETTOYAGE DE LA COLLE) : FRAISE CT HAUTE VITESSE, FRAISE CT BASSE VITESSE, FRAISE DIAMANTEE (CP)	62
FIGURE 38 : EVOLUTION DES SURFACES AMELAIRES EN FONCTION DU GROUPE ET DU TEMPS OPERATOIRE AU MEB (CP)	64
FIGURE 39 : QUESTIONNAIRE PROPOSE AU PATIENT SUR QUICKTAPSURVEY®	70
FIGURE 40 : REPARTITION DES REPOSES DE LA QUESTION N°9 : LA SENSIBILITE ETAIT-ELLE DIFFERENTE A VOTRE DROITE OU A VOTRE GAUCHE ?.....	71
FIGURE 41 : REPARTITION DES REPOSES AUX QUESTIONS 10 ET 11 : ESTIMATION DE LA SENSIBILITE.....	71

Index des tableaux

TABLEAU 1 : TABLEAU RECAPITULATIF DES PROCEDURES DE NETTOYAGE AVANT COLLAGE. THESE LOUIS GIRAUD (21).....	18
TABLEAU 2 : TABLEAU RECAPITULATIF DES CONSEQUENCES DU MORDANÇAGE.....	20
TABLEAU 3 : TABLEAU RECAPITULATIF DES AIDES A LA DEPOSE.....	22
TABLEAU 4 : TABLEAU RECAPITULATIF DES DURETES DES MATERIAUX UTILISES POUR DEPOSER LA COLLE (47).....	24
TABLEAU 5 : LES AUTRES SYSTEMES DE DEPOSE DE LA COLLE.....	26
TABLEAU 6 : RECAPITULATIF DES TEMPS DE DEPOSE DE LA COLLE RESIDUELLE.....	50
TABLEAU 7 : COMPARAISON DES TEMPS OPERATOIRES.....	50
TABLEAU 8 : COMPARAISON EFFET GROUPE, EFFET EVALUATEUR AUX DIFFERENTS TEMPS OPERATOIRES.....	51
TABLEAU 9 : COMPARAISON ENTRE LES GROUPES A T2.....	51
TABLEAU 10 : COMPARAISON ENTRE LE PVS ET LA DENT A T3.....	52
TABLEAU 11 : COMPARAISON EFFET GROUPE/EFFET EVALUATEUR A TOUS LES TEMPS OPERATOIRES.....	54
TABLEAU 12 : COMPARAISON ENTRE LE PVS ET LA DENT A T3.....	54
TABLEAU 13 : COMPARAISON ENTRE LES 3 GROUPES AUX DIFFERENTS TEMPS OPERATOIRES.....	55
TABLEAU 14 : INFLUENCE DE LA POSITION DE LA DENT.....	57
TABLEAU 15 : TABLEAU RECAPITULATIF DU MATERIEL DE DEPOSE DE L'ADHESIF.....	69
TABLEAU 16 : TABLEAU RECAPITULATIF DES SCORES DONNES POUR LES PATIENTS AYANT RESSENTI UNE DIFFERENCE ENTRE LES DEUX COTES (QUESTION N°8).....	73

Bibliographie

1. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res.* déc 1955;34(6):849-53.
2. Newman GV. Epoxy adhesives for orthodontic attachments: progress report. *Am J Orthod.* déc 1965;51(12):901-12.
3. Piette E, Goldberg M. La dent normale et pathologique. Bruxelles: De Boeck - Wesmael; 2001. 392 p.
4. Lasfargues J-J, Colon P, Vanherle G, Lambrechts P. Odontologie conservatrice et restauratrice : Tome 1, Une approche médicale globale. Paris: Cahiers de prothèses éditions; 2009. 480 p.
5. Triller M. Histologie dentaire. Masson; 1987. 236 p.
6. Goldberg M, Farge P. Manuel d'histologie et de biologie buccale: La dent et ses tissus de soutien. Masson; 1989. 160 p.
7. Kaqueler Jean-Claude. Structures bucco-dentaires en microscopie élect... - Jean-Claude Kaqueler, Michèle Décombas, Olivier... - Masson.
8. Arhun N, Arman A. Effects of Orthodontic Mechanics on Tooth Enamel: A Review. *Semin Orthod.* déc 2007;13(4):281-91.
9. Hitmi L, Attal J-P, Degrange M. Les différentes familles de colles composites : présentation et expérimentation. *Orthod Fr.* 2002;73(1):20.
10. Marche-Soligni Héloïse. A propos du polissage amélaire après dépose des attaches orthodontiques : expérimentation in vitro. [Mémoire pour le certificat d'études cliniques spéciales mention Orthodontie]. Faculté d'Odontologie de REIMS; 2014.
11. Hitmi Laïla. Étude et optimisation de l'adhésion à l'émail et à la dentine. Du laboratoire à la clinique. 2004.
12. Mano M-C, Mehdi S. Les systèmes de collage à l'émail en orthodontie. *Orthod Fr.* juin 2009;80(2):153-65.
13. Komori A, Ishikawa H. Evaluation of a resin-reinforced glass ionomer cement for use as an orthodontic bonding agent. *Angle Orthod.* 1997;67(3):189-95.
14. McCarthy MF, Hondrum SO. Mechanical and bond strength properties of light-cured and chemically cured glass ionomer cements. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* févr 1994;105(2):135-41.
15. Meehan MP, Foley TF, Mamandras AH. A comparison of the shear bond strengths of two glass ionomer cements. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* févr 1999;115(2):125-32.
16. Silverman E, Cohen M, Demke RS, Silverman M. A new light-cured glass ionomer cement that bonds brackets to teeth without etching in the presence of saliva. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* sept 1995;108(3):231-6.
17. Zachrisson BU, Årthun J. Enamel surface appearance after various debonding techniques. *Am J Orthod.* févr 1979;75(2):121-37.
18. Miara P, Lustman-Rozencweig S, Canal P. [Removal of bonded orthodontic brackets: protocol for tooth polishing]. *Rev Orthopédie Dento-Faciale.* 1988;22(2):265-78.

19. Pont HB, Özcan M, Bagis B, Ren Y. Loss of surface enamel after bracket debonding: an in-vivo and ex-vivo evaluation. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* oct 2010;138(4):387.e1-9; discussion 387-9.
20. Swartz ML. Le collage en orthodontie. 16 mai 2008;
21. Giraud Louis. Élimination de la colle après dépose des attaches orthodontiques : expérimentation in vitro. [Rennes]: Faculte de chirurgie dentaire Rennes 1; 2015.
22. Hosein I, Sherriff M, Ireland AJ. Enamel loss during bonding, debonding, and cleanup with use of a self-etching primer. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* déc 2004;126(6):717-24.
23. Thompson RE, Way DC. Enamel loss due to prophylaxis and multiple bonding/debonding of orthodontic attachments. *Am J Orthod.* mars 1981;79(3):282-95.
24. Gerbo LR, Barnes CM, Leinfelder KF. Applications of the air-powder polisher in clinical orthodontics. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* janv 1993;103(1):71-3.
25. Khalefa M, Finke C, Jost-Brinkmann P-G. Effects of air-polishing devices with different abrasives on bovine primary and second teeth and deciduous human teeth. *J Orofac Orthop Fortschritte Kieferorthopädie OrganOfficial J Dtsch Ges Für Kieferorthopädie.* sept 2013;74(5):370-80.
26. Mehdi S, Mano M-C, Sorel O, Cathelineau G. Le micro-sablage amélaire. *Orthod Fr.* juin 2009;80(2):179-92.
27. Reisner KR, Levitt HL, Mante F. Enamel preparation for orthodontic bonding: a comparison between the use of a sandblaster and current techniques. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* avr 1997;111(4):366-73.
28. Olsen ME, Bishara SE, Boyer DB, Jakobsen JR. Effect of varying etching times on the bond strength of ceramic brackets. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* avr 1996;109(4):403-9.
29. Rossouw PE. A Historical Overview of the Development of the Acid-Etch Bonding System in Orthodontics. *Semin Orthod.* mars 2010;16(1):2-23.
30. 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.
31. Diedrich P. Enamel alterations from bracket bonding and debonding: A study with the scanning electron microscope. *Am J Orthod.* mai 1981;79(5):500-22.
32. Gwinnett AJ, Gorelick L. Microscopic evaluation of enamel after debonding: Clinical application. *Am J Orthod.* juin 1977;71(6):651-65.
33. Ireland AJ, Hosein I, Sherriff M. Enamel loss at bond-up, debond and clean-up following the use of a conventional light-cured composite and a resin-modified glass polyalkenoate cement. *Eur J Orthod.* août 2005;27(4):413-9.
34. 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 Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* sept 2009;136(3):425-30.
35. Murray SD, Hobson RS. Comparison of in vivo and in vitro shear bond strength. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* janv 2003;123(1):2-9.

36. Holberg C, Winterhalder P, Holberg N, Wichelhaus A, Rudzki-Janson I. Orthodontic bracket debonding: risk of enamel fracture. *Clin Oral Investig.* janv 2014;18(1):327-34.
37. Zach L, Cohen G. Pulp response to externally applied heat. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* avr 1965;19:515-30.
38. Boyer DB, Engelhardt G, Bishara SE. Debonding orthodontic ceramic brackets by ultrasonic instrumentation. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* sept 1995;108(3):262-6.
39. Lee-Knight CT, Wylie SG, Major PW, Glover KE, Grace M. Mechanical and electrothermal debonding: effect on ceramic veneers and dental pulp. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* sept 1997;112(3):263-70.
40. Dovgan JS, Walton RE, Bishara SE. Electrothermal debracketing: patient acceptance and effects on the dental pulp. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* sept 1995;108(3):249-55.
41. Feldon PJ, Murray PE, Burch JG, Meister M, Freedman MA. Diode laser debonding of ceramic brackets. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* oct 2010;138(4):458-62.
42. Azzeh E, Feldon PJ. Laser debonding of ceramic brackets: a comprehensive review. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* janv 2003;123(1):79-83.
43. Nalcaci R, Cokakoglu S. Lasers in orthodontics. *Eur J Dent.* sept 2013;7(Suppl 1):S119-25.
44. Reynolds IR. A Review of Direct Orthodontic Bonding. *Br J Orthod.* 1 juill 1975;2(3):171-8.
45. Su M-Z, Lai EH-H, Chang JZ-C, Chen H-J, Chang FH-F, Chiang Y-C, et al. Effect of simulated debracketing on enamel damage. *J Formos Med Assoc Taiwan Yi Zhi.* oct 2012;111(10):560-6.
46. Zarrinnia K, Eid NM, Kehoe MJ. The effect of different debonding techniques on the enamel surface: An in vitro qualitative study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* sept 1995;108(3):284-93.
47. Anusavice KJ, Shen C, Rawls HR. *Phillips' Science of Dental Materials.* Elsevier Health Sciences; 2013. 588 p.
48. Jonke E, Weiland F, Freudenthaler JW, Bantleon HP. Heat generated by residual adhesive removal after debonding of brackets. *World J Orthod.* 2006;7(4):357-60.
49. Kim S-S, Park W-K, Son W-S, Ahn H-S, Ro J-H, Kim Y-D. Enamel surface evaluation after removal of orthodontic composite remnants by intraoral sandblasting: A 3-dimensional surface profilometry study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* juill 2007;132(1):71-6.
50. Mhatre AC, Tandur AP, Reddy SS, Karunakara BC, Baswaraj H. Enamel Surface Evaluation after Removal of Orthodontic Composite Remnants by Intraoral Sandblasting Technique and Carbide Bur Technique: A Three-Dimensional Surface Profilometry and Scanning Electron Microscopic Study. *J Int Oral Health JIOH.* 2015;7(Suppl 2):34-9.
51. Uysal T, Eldeniz AU, Usumez S, Usumez A. Thermal Changes in the Pulp Chamber during Different Adhesive Clean-up Procedures. *Angle Orthod.* 1 mars 2005;75(2):220-5.

52. Ahrari F, Akbari M, Akbari J, Dabiri G. Enamel surface roughness after debonding of orthodontic brackets and various clean-up techniques. *J Dent Tehran Iran*. janv 2013;10(1):82-93.
53. Almeida HC, Vedovello Filho M, Vedovello S a. S, Young A a. A, Ramirez-Yañez GO. ER: YAG laser for composite removal after bracket debonding: a qualitative SEM analysis. *Int J Orthod Milwaukee Wis*. 2009;20(1):9-13.
54. Krell KV, Courey JM, Bishara SE. Orthodontic bracket removal using conventional and ultrasonic debonding techniques, enamel loss, and time requirements. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. mars 1993;103(3):258-66.
55. Tüfekçi E, Merrill TE, Pintado MR, Beyer JP, Brantley WA. Enamel loss associated with orthodontic adhesive removal on teeth with white spot lesions: an in vitro study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. juin 2004;125(6):733-9.
56. Campbell PM. Enamel surfaces after orthodontic bracket debonding. *Angle Orthod*. avril 1995;65(2):103-10.
57. Cehreli ZC, Lakshmiathy M, Yazici R. Effect of different splint removal techniques on the surface roughness of human enamel: a three-dimensional optical profilometry analysis. *Dent Traumatol Off Publ Int Assoc Dent Traumatol*. avr 2008;24(2):177-82.
58. Gwinnett AJ, Ceen RF. Plaque distribution on bonded brackets: a scanning microscope study. *Am J Orthod*. juin 1979;75(6):667-77.
59. Chabre C. La dépose des attaches collées. *Rev Orthopédie Dento-Faciale*. sept 1986;20(3):415-25.
60. Burapavong V, Marshall GW, Apfel DA, Perry HT. Enamel surface characteristics on removal of bonded orthodontic brackets. *Am J Orthod*. août 1978;74(2):176-87.
61. Vieira AC, Pinto RA, Chevitaese O, Almeida MA. Polishing after debracketing: its influence upon enamel surface. *J Clin Pediatr Dent*. 1993;18(1):7-11.
62. Ryf S, Flury S, Palaniappan S, Lussi A, van Meerbeek B, Zimmerli B. Enamel loss and adhesive remnants following bracket removal and various clean-up procedures in vitro. *Eur J Orthod*. 1 févr 2012;34(1):25-32.
63. Janiszewska-Olszowska J, Szatkiewicz T, Tomkowski R, Tandecka K, Grocholewicz K. Effect of orthodontic debonding and adhesive removal on the enamel - current knowledge and future perspectives - a systematic review. *Med Sci Monit Int Med J Exp Clin Res*. 2014;20:1991-2001.
64. Khosravanifard B, Nemati-Anaraki S, Nili S, Rakhshan V. Assessing the effects of three resin removal methods and bracket sandblasting on shear bond strength of metallic orthodontic brackets and enamel surface. *Orthod Waves*. mars 2011;70(1):27-38.
65. Sigilião LCF, Marquezan M, Elias CN, Ruellas AC, Sant'Anna EF. Efficiency of different protocols for enamel clean-up after bracket debonding: an in vitro study. *Dent Press J Orthod*. oct 2015;20(5):78-85.
66. Hong YH, Lew KK. Quantitative and qualitative assessment of enamel surface following five composite removal methods after bracket debonding. *Eur J Orthod*. avr 1995;17(2):121-8.
67. Artun J, Bergland S. Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid-etch enamel pretreatment. *Am J Orthod*. avr 1984;85(4):333-40.

68. David VA, Staley RN, Bigelow HF, Jakobsen JR. Remnant amount and cleanup for 3 adhesives after debracketing. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* mars 2002;121(3):291-6.
69. Howell S, Weekes WT. An electron microscopic evaluation of the enamel surface subsequent to various debonding procedures. *Aust Dent J.* juin 1990;35(3):245-52.
70. Alessandri Bonetti G, Zanarini M, Incerti Parenti S, Lattuca M, Marchionni S, Gatto MR. Evaluation of enamel surfaces after bracket debonding: An in-vivo study with scanning electron microscopy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* nov 2011;140(5):696-702.
71. ORTHODONTICPRODUCTS_DE_Unitek_Home: Bracket céramique Clarity™ ADVANCED : La nouvelle génération alliant performance et beauté.
72. Eliades T, Gioka C, Eliades G, Makou M. Enamel surface roughness following debonding using two resin grinding methods. *Eur J Orthod.* juin 2004;26(3):333-8.
73. Kinch AP, Taylor H, Warltler R, Oliver RG, Newcombe RG. A clinical study of amount of adhesive remaining on enamel after debonding, comparing etch times of 15 and 60 seconds. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* mai 1989;95(5):415-21.
74. Uysal T, Eldeniz AU, Usumez S, Usumez A. Thermal changes in the pulp chamber during different adhesive clean-up procedures. *Angle Orthod.* mars 2005;75(2):220-5.
75. Zachrisson BU, Skogan O, Höymyhr S. Enamel cracks in debonded, debanded, and orthodontically untreated teeth. *Am J Orthod.* mars 1980;77(3):307-19.
76. Ferreira F, Nouer D, Silva N, Garbui I, Correr-Sobrinho L, Nouer P. Qualitative and quantitative evaluation of human dental enamel after bracket debonding: a noncontact three-dimensional optical profilometry analysis. *Clin Oral Investig.* sept 2014;18(7):1853-64.
77. Koprowski R, Machoy M, Woźniak K, Wróbel Z. Automatic method of analysis of OCT images in the assessment of the tooth enamel surface after orthodontic treatment with fixed braces. *Biomed Eng OnLine.* 2014;13(1):48.
78. Koritsánszky N, Madléna M. [Pain and discomfort in orthodontic treatments. Literature review]. *Fogorv Sz.* déc 2011;104(4):117-21.
79. Mangnall LAR, Dietrich T, Scholey JM. A randomized controlled trial to assess the pain associated with the debond of orthodontic fixed appliances. *J Orthod.* sept 2013;40(3):188-96.
80. Scheurer PA, Firestone AR, Bürgin WB. Perception of pain as a result of orthodontic treatment with fixed appliances. *Eur J Orthod.* août 1996;18(4):349-57.
81. Williams OL, Bishara SE. Patient discomfort levels at the time of debonding: a pilot study. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* avr 1992;101(4):313-7.
82. Bergius M, Berggren U, Kiliaridis S. Experience of pain during an orthodontic procedure. *Eur J Oral Sci.* avr 2002;110(2):92-8.
83. Serogl HG, Klages U, Zentner A. Pain and discomfort during orthodontic treatment: Causative factors and effects on compliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* déc 1998;114(6):684-91.
84. Polat Ö. Pain and Discomfort After Orthodontic Appointments. *Semin Orthod.* déc 2007;13(4):292-300.
85. Malmström HS, Chaves Y, Moss ME. Patient preference: conventional rotary handpieces or air abrasion for cavity preparation. *Oper Dent.* déc 2003;28(6):667-71.

**NETTOYAGE DE LA SURFACE AMÉLAIRE APRES DEPOSE DES ATTACHES ORTHODONTIQUES :
ETUDE EX VIVO**

RESUME : Cette étude ex vivo a évalué l'efficacité de 3 protocoles de nettoyage de la surface amélaire après dépose des attaches orthodontiques. 36 prémolaires ont été réparties en 3 groupes en fonction du matériel utilisé : fraise carbure de tungstène 8 lames à haute vitesse (G2), fraise carbure de tungstène 8 lames à basse vitesse (G3), fraise diamantée à haute vitesse (G4). Des empreintes des échantillons ont été réalisées avant collage (T0), après dépose des attaches (T1), après nettoyage de la colle (T2) et après polissage (T4). L'état de surface et la quantité d'adhésif résiduel ont été évalués par 4 scores grâce à des clichés des empreintes et des dents réalisés au microscope électronique à balayage (MEB). La durée et la position lors de la dépose ont été enregistrées. Les tests ANOVA et WILCOXON ont permis de comparer les groupes, les temps opératoires et l'influence de la position de l'échantillon. Les trois protocoles sont efficaces pour la dépose de la colle, avec une différence significative entre tous les groupes ($p < 10^{-14}$). L'évaluation de l'état de surface montre également une différence statistiquement significative entre les groupes ($p < 10^{-16}$) mais aussi un fort effet évaluateur ($p < 0,05$). La position de la dent sur le tyodont a une influence sur la quantité de colle restante et sur l'altération de l'émail, mais pas sur la durée de la procédure. G3 semble donner les meilleurs résultats en terme d'état de surface et d'efficacité de dépose de la colle.

TITRE ET RESUME EN ANGLAIS : Enamel clean-up after bracket debonding : an ex vivo study

This study assessed the efficiency of 3 protocols for cleaning-up enamel surface after bracket debonding. 36 premolars were divided into 3 groups, according to the tools for clean-up : an 8-blade tungsten carbide bur at high speed (G2), an 8-blade tungsten carbide bur at low speed (G3), and a diamond bur at high speed. Replicas of the teeth were made before bonding (T1), after bracket removal (T1), after clean-up (T2) and after polishing (T3). The state of enamel surface and the amount of residual adhesive were measured with 4 indexes on replicas' and tooth's images taken with scanning electron microscope. Duration and place during debonding were recorded. The ANOVA and WILCOXON tests compared the groups, the operating times, and the tooth position influence. The 3 protocols were efficient about adhesive removal, with a statistically significant difference between all the groups ($p < 10^{-14}$). The measure of enamel surface showed a statistically significant difference between groups ($p < 10^{-16}$), but also an important assessor effect ($p < 0,05$). The tooth position had an impact on adhesive removal and enamel damage, but not on duration process. G3 showed the best results about enamel surface and adhesive removal efficiency.

DISCIPLINE ADMINISTRATIVE : Chirurgie dentaire

MOTS-CLES : nettoyage amélaire, débagueage , attaches orthodontiques, adhésif résiduel, dommage amélaire.

INTITULE ET ADRESSE DE L'UFR OU DU LABORATOIRE :

Université Toulouse III-Paul Sabatier

Faculté de chirurgie dentaire 3 chemin des Maraîchers 31062 Toulouse Cedex

Directeurs de thèse : Pr Franck DIEMER et Dr Maxime ROTENBERG