



HAL
open science

Comment optimiser le collage en fonction des états de surface de l'émail ?

Sabrina Smida

► **To cite this version:**

Sabrina Smida. Comment optimiser le collage en fonction des états de surface de l'émail ?. Sciences du Vivant [q-bio]. 2017. dumas-02337087

HAL Id: dumas-02337087

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02337087>

Submitted on 29 Oct 2019

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

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

UNIVERSITE PARIS DIDEROT - PARIS 7

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

5, Rue Garancière 75006 PARIS

Année 2017

Thèse N°: 5152

N° attribué par la bibliothèque : 2017PA07G080

THESE pour le DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR

en CHIRURGIE DENTAIRE

présentée et soutenue publiquement le

par **SMIDA Sabine**

**COMMENT OPTIMISER LE COLLAGE EN FONCTION DES ÉTATS
DE SURFACE DE L'ÉMAIL ?**

Directeur de thèse : Madame le Docteur Julia Bosco

JURY

M. le Professeur Pierre COLON

Président

Mme le Docteur Aline HARTMANN

Assesseur

Mme le Docteur Julia BOSCO

Assesseur

Mme le Docteur Nelly PRADELLE

Assesseur

M. le Docteur Stéphane SIMON

Assesseur

UNIVERSITE PARIS DIDEROT – PARIS 7

Présidente de l'Université :

Mme la Professeure Christine CLERICI

Doyenne de l'U.F.R. d'Odontologie :

Mme la Professeure Ariane BERDAL

Directrice Générale des Services :

Madame Pascale SAINT-CYR

JURY

M. le Professeur Pierre COLON

Président

Mme le Docteur Aline HARTMANN

Assesseur

Mme le Docteur Julia BOSCO

Assesseur

Mme le Docteur Nelly PRADELLE

Assesseur

M. le Docteur Stéphane SIMON

Assesseur

M. le Professeur Pierre COLON

Docteur en Chirurgie Dentaire
Diplôme de Doctorat
Professeur des Universités - Praticien Hospitalier

Pour l'honneur que vous me faites d'être à la présidence de ce jury. Veuillez trouver l'expression de ma profonde reconnaissance ainsi que mes sincères remerciements.

Mme le Docteur Aline HARTMANN

Docteur en Chirurgie Dentaire
Diplôme de Doctorat
Maître de Conférences des Universités - Praticien Hospitalier

Pour l'honneur que vous me faites de siéger à ce jury, veuillez trouver ici le témoignage de mon profond respect et de ma respectueuse considération.

Mme le Docteur Julia BOSCO

Docteur en Chirurgie Dentaire
Diplôme de Doctorat
Maître de Conférences des Universités - Praticien Hospitalier

Pour votre bienveillance, votre compétence, vos conseils avisés, pour votre disponibilité et votre attention. Veuillez trouver ici l'expression de mon profond respect ainsi que mes sincères remerciements.

Mme le Docteur Nelly PRADELLE

Docteur en Chirurgie Dentaire
Diplôme de Doctorat
Maître de Conférences des Universités - Praticien Hospitalier

Pour l'honneur que vous me faites de siéger à ce jury, veuillez trouver ici le témoignage de mon profond respect et de ma respectueuse considération.

M. le Docteur Stéphane SIMON

Docteur en Chirurgie Dentaire
Diplôme de Doctorat
Maître de Conférences des Universités - Praticien Hospitalier

Pour l'honneur que vous me faites de siéger à ce jury, veuillez trouver ici le témoignage de mon profond respect et de ma respectueuse considération.

Table des matières

INTRODUCTION.....	3
1 Email dentaire : sain/ carié.....	4
1.1 Émail sain.....	4
1.1.1 Composition de l'émail	4
1.1.2 Phase organique.....	4
1.1.3 Phase minérale	4
1.1.4 Étude.....	5
1.2 Émail carié	7
2 Etats de surface en fonction des techniques d'éviction carieuse : émail sain.....	10
2.1 Non invasives.....	10
2.1.1 Reminéralisation	10
2.1.2 Fluoration.....	11
2.2 MID (minimal invasive dentistry).....	12
2.2.1 Air abrasion.....	12
2.2.2 Sono et ultra sono abrasion.....	17
2.2.3 Laser	21
2.3 Invasives.....	27
2.4 États de surface obtenus : tableau récapitulatif.....	30
3 Etats de surface des anomalies et atteintes de l'émail	31
3.1 Les lésions cervicales d'usure	31
3.1.1 Définition/Classification	31
3.1.2 Diagnostic positif-Manifestation bucco-dentaire	34
3.1.3 États de surface	35
3.2 Amélogénèse imparfaite	37
3.2.1 Définition/Classification.....	37
3.2.2 Diagnostic positif-Manifestation bucco-dentaire	39
3.2.3 États de surface	40
4 Adhésion amélaire	41
4.1 Adhésion.....	41
4.1.1 Généralités.....	41
4.2 Les différents systèmes de collage.....	42
4.2.1 Généralités.....	42
4.3 Mise en condition tissulaire.....	44
4.3.1 Optimisation du collage.....	44
4.3.2 Potentiel d'adhésion	44
4.3.3 Émail après mordançage	45

5	Efficacité des procédures de collage en fonction de l'état de surface amélaire.....	48
5.1	Quels matériaux pour quelle surface.....	48
5.1.1	Air-abrasion/Fraises	48
5.1.2	Sono et ultra-sono abrasion	54
5.1.3	Laser	55
5.1.4	Amélogénèse imparfaite	58
5.1.5	Lésions cervicales d'usure	61
5.2	Conséquences cliniques/Discussion	63
5.3	Choix de l'adhésif.....	66
CONCLUSION.....		67

INTRODUCTION

De nos jours les données épidémiologiques concernant la maladie carieuse montrent que la forme des besoins de soins thérapeutiques et préventifs a grandement évolué au cours des deux dernières décennies. Le traitement conservateur vise aujourd'hui non seulement la réparation d'une lésion carieuse mais l'interception et la prévention du développement de ces lésions. Les concepts de Black, qui préconisaient des cavités mutilantes pour des matériaux sans propriétés adhésives, ne sont plus adaptés. En effet, l'adhésion a totalement modifié les formes de préparations cavitaires.

Les techniques peu invasives telles que la sono abrasion, l'air abrasion ou le laser sont des techniques alternatives à l'instrumentation rotative. La dentisterie opératoire évolue vers une dentisterie préventive et à minima qui remanie totalement le mode de pratique.

L'amélogénèse imparfaite (AI) constitue un groupe d'anomalies du développement affectant la structure et l'apparence clinique de l'émail de toutes ou de quasiment toutes les dents, de façon plus ou moins identique.

Les lésions cervicales d'usure constituent un groupe de lésions qui entraînent une perte de substance amélaire d'origine multifactoriel, ces lésions entraînent un état de surface différent selon l'origine de l'usure.

Il est bien établi aujourd'hui que la teneur minérale des tissus dentaires conditionne la qualité de l'ancrage micro-mécanique des agents adhésifs. Ces anomalies et défauts de structure entraînent un état de surface différent de l'émail ce qui peut engendrer un traitement de surface et donc un collage différent.

1 Email dentaire : sain/ carié

1.1 Email sain

1.1.1 Composition de l'email

L'email mature se distingue par une structure acellulaire, avasculaire et non innervée qui recouvre la couronne dentaire. Ce tissu d'origine épithéliale contient plus de 95% d'éléments minéraux dans sa forme mature (Boyde 1967). Il résulte de la minéralisation de substrats organiques synthétisés et sécrétés par les améloblastes.

La phase minérale est essentiellement constituée de cristaux d'hydroxyapatite et répartie entre les prismes d'email et la substance interprismatique. Le reste de sa composition comprend de l'eau et une partie organique, composée en majorité de protéines, amélogénines et énamélines, et située dans la gaine prismatique.

1.1.2 Phase organique

La matrice transitoire de l'email est constituée d'un ensemble de trois molécules sécrétées contribuant à la structure de l'email : les amélogénines, les énamélines et l'améloblastine. La tuftéline est une protéine résiduelle non sécrétée présente à la jonction email-dentine. Ces protéines interagissent entre elles, avec des domaines qui leur sont propres (par exemple avec le c-terminal) et forment des autoassemblages avec d'autres molécules non spécifiques de l'email, tel que le biglycan.

1.1.3 Phase minérale

La phase minérale représente 96 à 98 % de la masse de l'email et est accompagnée de 2% d'eau environ. Elle est composée essentiellement d'un empilement de monocristaux de phosphate de calcium ou hydroxyapatite de formule $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. On trouve également du carbonate de calcium (CaCO_3) sous forme amorphe (dans la structure des apatites biologique).

Les cristaux d'émail comme de dentine ne correspondent pas à la forme stœchiométrique contrairement aux hydroxyapatites synthétiques en raison du rapport Ca/P qui est inférieur à 1,67 alors qu'il est de 1,63 pour l'émail (Lasfargues et Colon 2010).

Chaque cristal d'hydroxyapatite est composé de la juxtaposition d'unités élémentaires de 18 ions. Elles ont la forme d'un parallélépipède de 0,942 nm de côté (plan a et b) dont les angles ont respectivement 120 et 60 degrés. La hauteur ou axe C, perpendiculaire au plan a-b, est de 0,688 nm. Les ions Ca sont répartis de manière répétitive. L'assemblage de ces unités forme la maille du réseau cristallin. Le monocristal d'hydroxyapatite a une section hexagonale aplatie et est entouré d'une coque hydratée qui constitue, d'une part, une zone d'échange et de diffusion ionique, et d'autre part, une zone de liaison avec la phase organique (Triller et al. 1987).

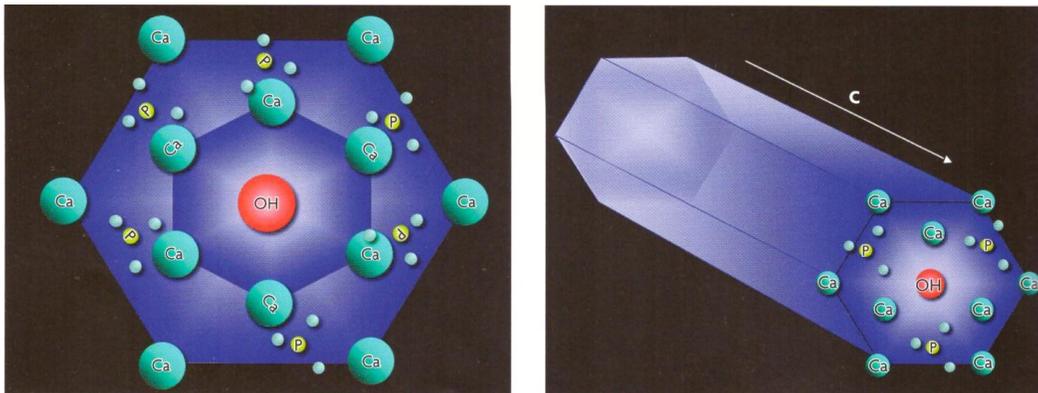


Illustration n 1 : Disposition des atomes de calcium, des groupements phosphate et hydroxyle au sein du cristal d'hydroxyapatite. Les groupements hydroxyles sont centrés sur l'axe (Lasfargues et Colon, 2009).

1.1.4 Étude

L'émail est la matrice calcifiée la plus dure du corps et la structure la plus importante de la dent. L'une des meilleures façons d'étudier et de comprendre cette structure est la microscopie électronique à balayage (SEM) car elle offre une image tridimensionnelle de l'émail. Les prismes d'émail sont les unités structurales et fondamentales de l'émail, dans la littérature, bien qu'il existe une information générale sur l'ultrastructure de l'émail, on ne connaît pas beaucoup les variations et les différences dans sa structure sur différentes surfaces des dents permanentes (Akasapu et al. 2017).

Une étude décrite dans (Akasapu et al. 2017) a pour but d'étudier et comparer la morphologie de surface et la morphométrie de l'émail sur différentes surfaces de dentition permanente. Pour cela au total, 20 dents permanentes ont été analysées sous SEM. Parmi ces dents on retrouve des dents antérieures et postérieures. La différence de morphologie mais aussi de dimensions des prismes ont été enregistrées.

Toutes les dents ont révélé des stries de Retzius (illustration 2) lorsque le grossissement au SEM était inférieur à 50 fois, quelques dents sont masquées de façon locale avec une couche de débris et peu ont montré des fissures sur leur surface.

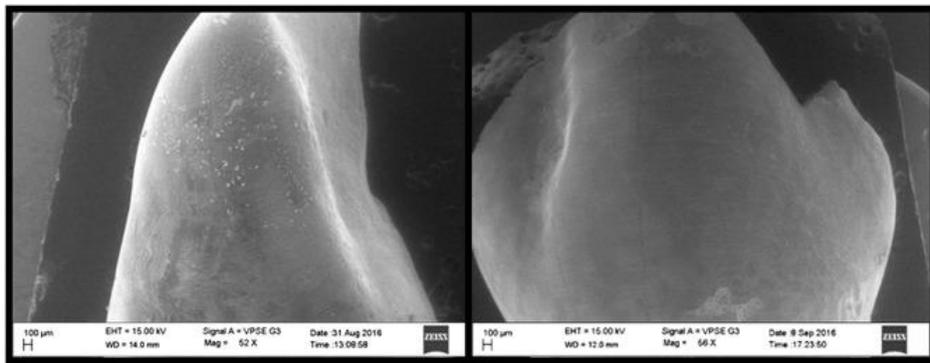


Illustration n 2 : Strie de Retzius (x50) (Akasapu et al. 2017)

Trois modèles morphologiques différents de prismes d'émail ont été décrits :

- type 1 : prismes peu profonds ;
- type 2 : prismes bien définis ;
- type 3: prismes à microporosité visibles à un grossissement de x 3000 (illustration 3).

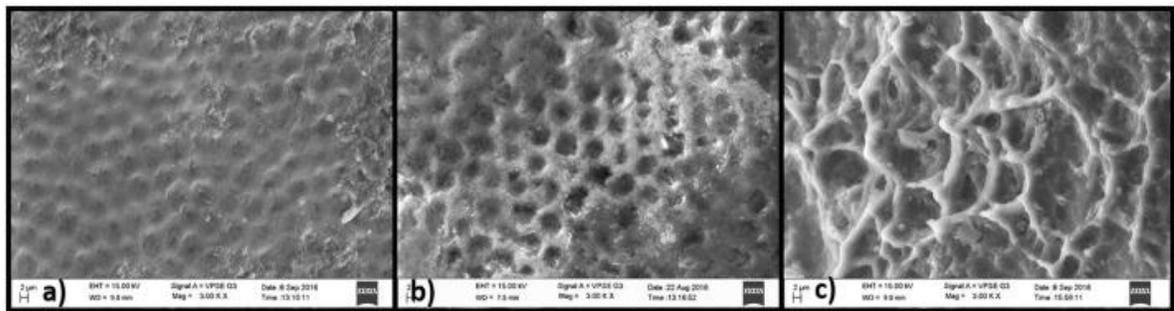


Illustration n 3 : Les différentes morphologies de prismes d'émail (x3000) (Akasapu et al. 2017)

Dans cette étude, nous avons trouvé trois modèles morphologiques différents (type 1-3) de prismes d'émail lors de l'analyse des surfaces mésiale, distale, labiale, linguale et occlusale des dents antérieures et postérieures permanentes lorsqu'ils sont visibles à un grossissement de x3000.

Type 1- peu profonds: Ils sont des prismes arrondis et lisses agencés uniformément à la surface avec des contours de prisme délimités. Leur localisation est au niveau de la surface de la dent.

Types 2- Prismes bien définis: les prismes sont disposés uniformément avec des centres concaves ouverts avec des contours de prisme périphérique bien définis et leurs localisations est également au niveau de la surface de la dent.

Type 3: prismes irréguliers, larges et mal définis, présentant une large dépression centrale et des bordures périphériques irrégulières.

La présente étude a été entreprise pour comprendre la structure et la morphologie de la surface de l'émail sous sa forme intacte, sans altération de surface. Par conséquent, aucune méthode physique ou chimique n'a été utilisée comme le mordantage à l'acide dans la préparation des dents avant l'observation sous SEM. L'étude nous a aidé à catégoriser la structure du prisme de l'émail basée sur la morphologie et la morphométrie des dents antérieures et postérieures de dentition permanente.

1.2 Émail carié

La carie est une maladie d'observation très ancienne dont la fréquence n'a cessée de croître avec le développement des civilisations et tout particulièrement avec l'augmentation de la consommation de sucres pour atteindre de nos jours un taux particulièrement élevé.

Elle se distingue de la simple coloration de l'émail, jusqu'à une destruction partielle voire même totale des tissus minéralisés dentaires.

Le milieu buccal subit en permanence des modifications physicochimiques et plus précisément des variations de pH entraînant des échanges ioniques permanents entre l'émail et le milieu buccal.

La dégradation des hydrates de carbone par les microorganismes donne un milieu acide (par baisse de pH) et l'émail perd alors ses ions minéraux avec apparition des sites de déminéralisation (Buxeraud 2017).

La carie de l'émail peut débuter soit:

- Sur la face occlusale des dents (carie des sillons et des puits)
- Sur la face vestibulaire, palatine, linguale ou le plus souvent proximale (carie des surfaces lisses).

Quelle que soit sa localisation, cette lésion ne se manifeste dans ses premiers stades que par des modifications de coloration sans aucune perte de substance cliniquement décelable.

Au niveau des surfaces lisses la lésion se présente à ses débuts sous forme d'une zone d'émail opaque, blanc crayeux, mat de taille variable aux contours diffus: "Tache blanche" (ou=White spot).

Au niveau des sillons et des puits ; la lésion présente les mêmes couches mais son extension est guidée par la direction des prismes et donnera une cavité plus large vers la jonction amélo-dentinaire.

La carie de l'émail est une lésion asymptomatique, elle peut être inaperçue.

La carie de l'émail non traitée peut évoluer par:

Cavitation : En absence de traitement la carie de l'émail s'étend vers la jonction amérodentinaire puis en profondeur vers la dentine. La couche d'émail en surface peut s'effondrer: la lésion devient cavitaire.

Carie arrêtée/ Lésions stabilisée : La lésion en tache blanche peut ne pas évoluer vers la cavitation mais se transformer en carie ou lésion arrêtée dite stabilisée, ou tache brune.

Carie de la dentine (=lésion carieuse de la dentine, lésion dentinaire) : La lésion carieuse de la dentine est toujours secondaire à la carie de l'émail. Mais contrairement à la lésion carieuse de l'émail qui reste relativement bien limitée, la lésion dentinaire diffuse largement dans le tissu dentinaire en raison de sa structure (Badet et Richard 2004).

Aspect macroscopique :

La distinction entre tache blanche et tache brune a fait l'objet de travaux variés, les premiers ayant été effectués par Darling. Selon cet auteur, la coloration serait d'origine exogène (alimentaire, bactérienne ou tabagique). Les lésions carieuses initiales se retrouvent dans trois sites principaux : au collet de la dent, sous forme d'un croissant bordant la gencive marginale ; sur les faces proximales, où elles sont généralement masquées, malheureusement, par les dents adjacentes ; dans les sillons occlusaux et marginaux. Ces régions correspondent en effet à des sites préférentiels d'accumulation de plaque bactérienne. En l'absence de thérapeutique appropriée, la lésion évolue progressivement vers le stade de la cavitation correspondant à l'effondrement de la couche de surface non soutenue (Séguier et Le May 2002).

Aspect microscopique :

Quelle que soit sa localisation, Darling puis Silverstone ont définis quatre zones au niveau de la lésion carieuse. Elles sont disposées en un triangle dont la pointe est dirigée vers la dentine.

Zone I (translucide) : zone d'avancement du front de déminéralisation, cette zone n'est observée que dans 50 % des cas. Les altérations de cette zone se traduisent par l'apparition d'espaces ou de pores aux jonctions des prismes.

Zone II (zone sombre ou opaque) : Elle est située entre la zone translucide et le corps de la lésion. Sa porosité est plus fine que celle de la zone translucide. Cette zone est particulièrement développée dans le cas de caries à progression lente.

Zone III (le corps de la lésion) : Cette zone se caractérise par la mise en évidence accrue des stries de Retzius et des structures prismatiques. L'importante perte en matière minérale est remplacée par de l'eau et du matériel organique venant de la salive.

Zone IV (zone de surface) : L'une des caractéristiques de la lésion carieuse initiale est la présence d'une couche de surface apparemment intacte surplombant le corps de la lésion. Elle est plus fine dans les caries actives et plus épaisse dans le cas des caries arrêtées (Séguier et Le May 2002).

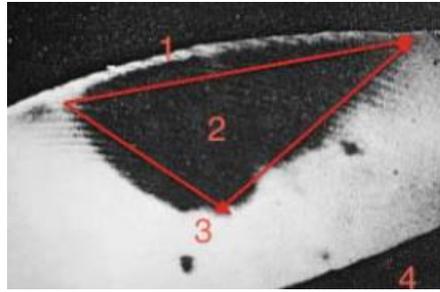


Illustration n 4 : Micrographie d'une lésion débutante, triangulaire, de l'émail. 1. Zone de surface, 2. Corps de la lésion, 3. Zone sombre, 4. Dentine (Modifié par Bohme Alexandra à partir de Séguier et Le May 2002)

2 Etats de surface en fonction des techniques d'éviction carieuse : émail sain

2.1 Non invasives

2.1.1 Reminéralisation

La dentisterie minimalement invasive (MID) concerne la conservation maximale de la structure dentaire (Ericson 2004). Le concept de reminéralisation est considéré comme l'un des paradigmes dentaires des traitements non invasifs ou peu invasifs. Le processus de reminéralisation peut être connu comme un gain de minéraux dans les vides de cristaux précédemment créés par la déminéralisation dans les structures dentaires grâce à l'apport de calcium et de phosphate en présence de fluorure fournie par la source externe à la structure dentaire.

Plusieurs approches ont été proposées pour améliorer la reminéralisation du stade précoce de la lésion déminéralisée (Lata et al. 2010).

Le mécanisme de l'action du fluor a été principalement relayé par son effet antibactérien et a favorisé la précipitation des cristaux d'apatite (Rošin-Grget et al. 2013). Cependant, la biodisponibilité des radicaux calcium et phosphate représente le facteur déterminant pour l'amélioration de la reminéralisation malgré le rôle fondamental du fluor pour produire un précipité minéral stable (Reynolds et al. 2008).

Plusieurs agents de reminéralisation ont été introduits sur le marché et ont proposé une action de reminéralisation prometteuse par effet synergique du phosphate de calcium et du fluorure. Ces systèmes de reminéralisation peuvent être assortis selon la forme de délivrance du phosphate de calcium dans des formules amorphes cristallines, non stabilisées, amorphes ou stabilisées. Il existe différentes phases cristallines de phosphate de calcium avec différentes solubilités (Larsen et Pearce 2003).

2.1.2 Fluoration

La découverte au cours de la première moitié du 20^{ème} siècle du lien entre le fluorure naturel, les niveaux de fluorure ajustés dans l'eau potable et la prévalence réduite de la carie dentaire s'est révélée être un stimulant pour la recherche mondiale sur le rôle du fluor dans l'amélioration de la santé bucco-dentaire. Les études épidémiologiques des programmes de fluoration ont confirmé leur sécurité et leur efficacité dans le contrôle des caries dentaires. Des progrès majeurs dans notre connaissance de la façon dont le fluorure influe sur le processus de la carie ont conduit au développement, à l'évaluation de l'efficacité et à la promotion d'autres véhicules fluorés, y compris le sel, le lait, les comprimés, le dentifrice, les gels et les vernis. En 1993, l'Organisation mondiale de la santé a convoqué un comité d'experts pour fournir des informations faisant autorité sur le rôle des fluorures dans la promotion de la santé bucco-dentaire dans le monde entier (O'Mullane et al. 2016).

Le fluorure est un agent préventif puissant de caries. Il agit à deux niveaux: local et systémique. Au niveau local, il empêche la déminéralisation superficielle de l'émail en renforçant les couches superficielles et en inhibant l'activité bactérienne locale. Au niveau systémique, il améliore la résistance de l'émail en formant avec du calcium, la fluorapatite qui est plus forte que l'hydroxyapatite. Les principales sources sont naturellement l'eau fluorée, l'eau enrichie artificiellement, le sel fluoré et le médicament au fluor. L'apport quotidien moyen recommandé est de 0,05 mg / kg, le risque de fluorose dentaire se produit lorsque l'apport quotidien dépasse 1mg/kg. Par conséquent, lors de la prescription de fluor à un enfant, le praticien doit examiner attentivement ses éventuelles autres sources de fluor (Triller 1998).

2.2 MID (minimal invasive dentistry)

Depuis plusieurs années, l'avènement des techniques adhésives et des nouveaux matériaux bioactifs, permet de mettre en place des thérapeutiques moins invasives. Les traitements actuels s'axent vers un respect maximal des tissus, la réalisation de préparations à minima et une reminéralisation des tissus affectés. C'est dans cet objectif de conservation que des méthodes complémentaires et alternatives ont été développées, telles que l'emploi de nouvelles fraises, d'agents de dissolution enzymatique, de l'air et de la sono-abrasion ou encore du laser (Tassery et al. 2008).

2.2.1 Air abrasion

L'air abrasion est une technique micro invasive comme le laser ou les ultrasons. Selon la pression et le type de particules utilisées, les systèmes pourront avoir une action prophylactique d'aéro-polissage ou un réel rôle abrasif permettant l'éviction carieuse (Tassery et al. 2008). Il existe différents systèmes : les uns réalisent spécifiquement l'aéro-polissage, d'autres l'air abrasion et certains les deux. Nous décrirons seulement ceux permettant l'éviction carieuse.

Mécanisme d'action :

L'élimination des tissus est réalisée grâce à une projection à forte pression de particules. L'excavation est donc due à l'énergie cinétique des particules et non à de l'énergie mécanique contrairement à l'excavation effectuée par des rotatifs.

Plusieurs types de particules sont utilisés, même si le plus fréquemment ce sont des particules d'oxyde d'alumine. Il existe aussi des particules de polycarboxylate, ou un mélange de particules d'alumine et d'hydroxyapatite.

L'action sera différente selon le tissu cible, elle entraînera une coupe des matériaux rigides, alors que l'on observera plutôt un effet d'abrasion sur les substrats plus ductiles, tels que les tissus cariés. Ainsi, l'émail sain sera facilement éliminé mais, d'autre part, les tissus gingivaux seront respectés.

Dans la technique de l'air abrasion des particules abrasives sont émises à partir d'une buse dans un courant d'air et dirigée vers la surface de la dent. Celles-ci touchent la surface des dents à grande vitesse, ce qui entraîne un transfert de l'énergie cinétique et engendre l'élimination physique des taches / débris superficiels extrinsèques adhérents. L'air-abrasion élimine le phénomène de vibration et minimise une augmentation de la température des tissus et par conséquent, réduit les caractéristiques désagréables associées à l'utilisation d'instruments mécaniques conventionnels (Johnson King et al. 2016).

Les techniques d'air abrasion peuvent être utilisées dans le diagnostic des caries occlusales précoces, les caries de sillons et leurs traitements. Le diagnostic consiste à diriger un jet de particules abrasives d'environ 500 microns de large au fond de la fosse ou fissure, ce qui est extrêmement important pour le diagnostic clinique de la carie de l'émail initiale. Il est conseillé également l'utilisation de la technique d'air abrasion pour la préparation des cavités de classe IV et de classe V, sans l'utilisation de l'anesthésie locale.



Illustration n 1 : Avant/après traitement air abrasion (Themes 2015)

Nous avons vu que l'air abrasion s'intègre parfaitement dans les techniques de micro dentisterie mais pas seulement. En effet nous pourrions aussi éliminer d'anciennes restaurations ou même l'utiliser en dentisterie esthétique pour traiter les atteintes de l'émail. Cette méthode pourrait donc être aussi bien employée à des fins diagnostiques qu'exploratoires des caries de l'émail chez les patients à haut risque carieux.

Il existe différentes poudres avec des applications cliniques différentes, voici un exemple :

Poudres	Avantages	Désavantages
Alpha alumina (Al_2O_3)	Enlève efficacement des taches intrinsèques	Non sélectif, très abrasif sur la structure dentaire C'est une poudre inerte et, par conséquent, n'a pas d'effet bénéfique sur la structure des dents
Aluminium trihydroxide ($Al(OH)_3$)	Utile pour des patients soumis régimes à un sodium restreint.	Évitez de l'utiliser sur des verres ionomères, des résines composites, des ciments et des restaurations coulées.
Bioactive glass (BAG)	Avec les paramètres corrects, peut éliminer efficacement les taches extrinsèques. Bioactive et biocompatible. Réduit l'hypersensibilité dentaire. Un meilleur effet de blanchiment et une augmentation du confort du patient par rapport au bicarbonate de sodium.	Temps clinique potentiellement plus long requis pour son utilisation
Calcium carbonate ($CaCO_3$)	Une élimination efficace des taches a été démontrée, cependant, plus d'études cliniques nécessaires pour déterminer le potentiel abrasif.	Des défauts majeurs produits sur la dentine lors de comparaison avec le bicarbonate de sodium
Sodium bicarbonate ($NaHCO_3$)	Enlèvement efficace des taches extrinsèques.	L'utilisation prolongée sur le ciment, la dentine et le composite est contre-indiquée, ce qui peut entraîner un excès d'élimination des tissus. Ne supprime pas les taches aussi efficacement que BAG, une hypersensibilité dentaire accrue
Glycine	Produit moins de dommages superficiels sur les matériaux réparateurs par rapport aux poudres de bicarbonate de sodium. Enlève la plaque plus efficacement que les instruments à main.	

Tableau 1 : Tableau de différentes poudres d'air abrasion (Johnson King et al. 2016)

État de surface :

Historiquement, différentes poudres d'air abrasion sont utilisées dans les pratiques cliniques, incluant l'alumine, le carbonate de calcium, la glycine et le bicarbonate de sodium. Les poudres de verres bioactifs (BAG) ont été ensuite introduites du fait de leurs propriétés antibactériennes, leur potentiel de reminéralisation mais aussi du caractère sélectif de l'élimination du tissu dentaire carié/endommagé.

Il existe une nette différence d'état de surface entre celles préparées avec de l'oxyde d'alumine et celles préparées avec des verres bioactifs. Après préparation à l'oxyde d'alumine, la surface dentinaire paraît poreuse et des débris de particules d'oxyde d'alumine sont retrouvés. Cependant, aucun tubuli n'est ouvert. Lors de l'utilisation des verres bioactifs, il y a certes une action sur l'émail sain mais elle n'est que très superficielle par rapport l'action des particules d'oxyde d'alumine. Les auteurs observent une élimination plus sélective sur les tissus cariés que lors de l'utilisation des particules d'oxyde d'alumine. Cette différence d'action pourrait s'expliquer par les propriétés physiques de l'émail déminéralisé, qui est plus poreux, mais aussi à cause de celles des verres bioactifs par rapport à l'oxyde d'alumine. Les verres bioactifs ont des propriétés abrasives nettement plus faibles que les poudres conventionnelles.

Une étude (Neuhaus et al. 2010) compare l'efficacité de 3 types de poudres avec une méthode d'éviction rotative. Pour cela, les auteurs ont réalisé quatre groupes: deux soumis à l'action deux types de particules différentes (SEP: Sélective enamel Powder, et l'alumine) et deux autres groupes témoins : l'un soumis à des particules de bicarbonate de soude, l'autre à une éviction rotative traditionnelle. Les lésions carieuses s'étendaient ou non jusqu'à la dentine. Les résultats révèlent que le groupe soumis aux particules SEP, ne présente pas la même quantité de tissu éliminé en fonction de l'atteinte ou non de la dentine par le processus carieux. En effet, ces particules présentent un effet sélectif sur les tissus dentaires cariés, émail et /ou dentine, et sont inoffensives sur les tissus sains. Toutefois, dans le cas de lésions étendues à la dentine, le groupe « SEP » montre une efficacité comparable à celle du groupe utilisant l'alumine ou la fraise.

Une autre étude (Johnson King et al. 2016) a été réalisée pour déterminer l'effet de trois types de poudres d'air abrasion (bicarbonate de sodium, alumine et BAG) sur l'émail.

L'étude est réalisée in vitro utilisant une profilométrie confocale à lumière blanche qui va permettre d'évaluer la perte de substance à la surface de l'émail.

La reconstruction 3D montrée en illustration 2 révèle la surface des émail traitées par les différentes poudres et l'émail témoin.

L'émail témoin présente une structure intacte avec des structures prismatiques arrondies. Quand l'émail intact est soumis à un milieu acide, le cœur des structures prismatiques deviennent apparent et prennent la forme de fer de cheval (illustration 2b).

L'émail traité par air abrasion à la poudre d'alumine présente les mêmes structures prismatiques en fer de cheval que pour l'émail intact soumis au milieu acide (illustration 2c)

Aucune de ces structures en fer de cheval n'est observée sur l'émail traité par les poudres de bicarbonates de sodium et BAG.

La poudre d'alumine a une micro-dureté significativement plus élevée (2100KHN) comparée à l'émail (340KHN), ce qui permet d'expliquer les pertes de substances causées à la surface de l'émail après traitement. La poudre d'alumine est plus utilisée à des fins d'éviction plutôt que de polissage.

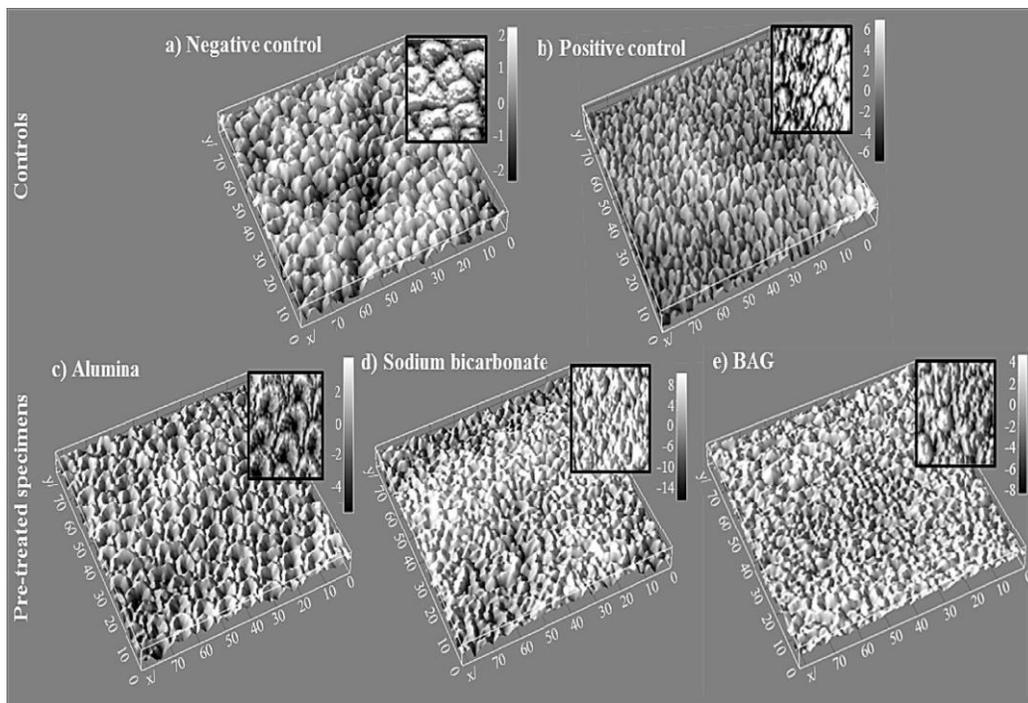


Illustration n 2: Représentations 3D des états de surface de l'émail traité par les différentes poudres et l'émail témoin (Johnson King et al. 2016)

Les poudres de bicarbonates de sodium et BAG sont quant à elles utilisées à des fins de polissage de l'émail, en effet leur micro-dureté se rapproche de celle de l'émail (170 et 420 KHN respectivement).

2.2.2 Sono et ultra sono abrasion

La sono-abrasion s'applique à l'ensemble des techniques de dentisterie restauratrice, ainsi qu'aux préparations prothétiques fines (facettes, biseaux, etc.). Parmi les systèmes soniques, il convient de distinguer les soniques des ultrasoniques, dont la fréquence de vibration est supérieure à 20 kilohertz.

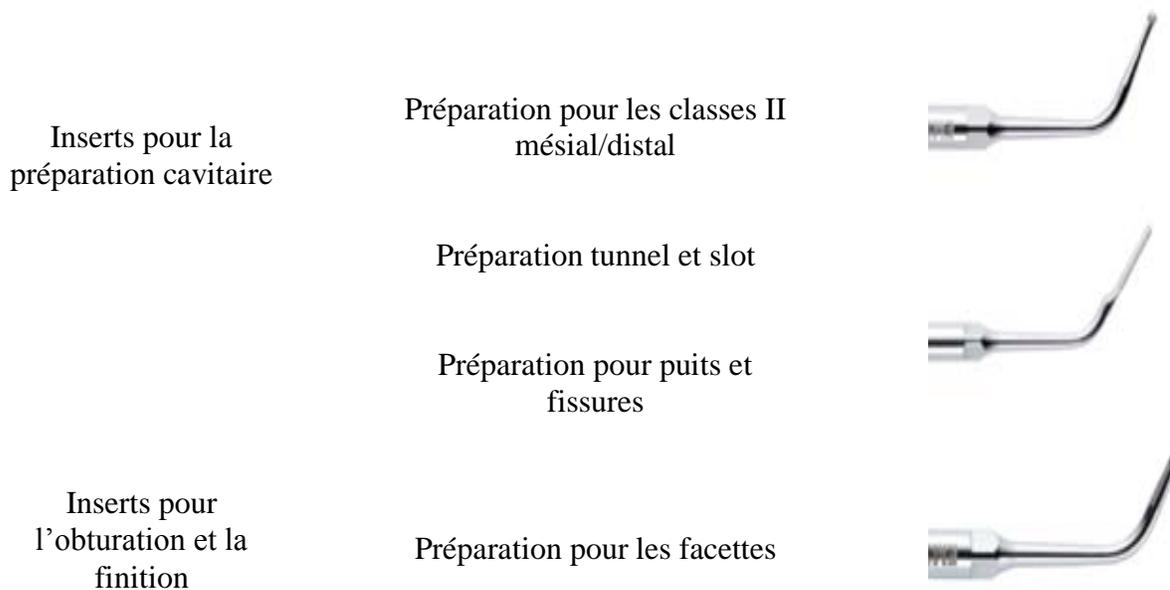
Les inserts diamantés sont utilisés sur une pièce à main à refroidissement par eau qui émet des vibrations ultrasoniques. L'action des inserts sur les tissus dentaires est la même quel que soit le système utilisé : sono-abrasion ou ultra sono-abrasion. Les ultrasons agissent sur les tissus par une action mécanique et une action physique (Couderc et al. 2011).

Mécanisme d'action :

L'action mécanique de l'insert est due à sa vibration, qui est caractérisée par une fréquence et une amplitude. La combinaison de la fréquence et de l'amplitude donne le chemin parcouru par l'insert et son impact sur les tissus. Le chemin parcouru varie selon le type de générateur et selon la forme de l'insert mais également selon la puissance utilisée, car plus celle-ci augmente plus l'amplitude sera importante (Gagnot 2008). Mais il faut garder à l'esprit qu'en augmentant la puissance, nous augmentons aussi la température au niveau de la surface de contact dentaire et diminuons notre sensibilité tactile. Ainsi, si nous augmentons la puissance, nous devons aussi augmenter le volume d'irrigation. Dans le cas contraire, nous observerons un phénomène de nébulisation et l'irrigation n'arrivera plus à l'extrémité de l'insert et sera donc inefficace (Gagnot 2008). La quantité d'irrigation utilisée joue aussi un rôle sur l'efficacité de l'insert, car plus le débit est grand, moins le déplacement est élevé.

Trois actions mécaniques sont accordées aux inserts:

- Une action dite de percussion, permettant d'éliminer l'émail non soutenu. Cette élimination est sélective. En effet, seuls les tissus fragiles seront éliminés tout en préservant les parois résistantes.
- Une action de balayage, permettant d'éliminer les tissus cariés grâce à un mouvement de va et vient le long des parois.
- Une action abrasive permettant de terminer l'éviction carieuse mais surtout de réaliser les finitions en rendant les parois plus homogènes, facilitant ainsi le collage.



*Illustration n 3 : Inserts ultrasoniques
(Couderc et al. 2011)*

L'action travaillante des inserts sono-abrasifs s'effectue par quatre effets différents :

- la vibration, caractérisée par une fréquence (génère l'amplitude et le trajet décrit par l'insert) règle l'impact de l'instrument sur les tissus. Elle varie selon la puissance donnée par le générateur, selon l'insert utilisé et selon la quantité de fluide utilisé en association (quand le débit de fluide augmente, la vibration s'affaiblie).
- L'abrasion est l'effet mécanique associé à la vibration. Elle dépend de la granulométrie de l'insert et de la dureté du tissu : plus le tissu est dur, plus l'abrasion est efficace (émail > émail altéré > dentine > ciment > tissu carié > tissus mou). La sono-abrasion étant moins efficace sur les surfaces molles, elle est moins adaptée à l'élimination du tissu carié et produit peu d'effets iatrogènes sur le parodonte et les tissus mous.
- L'effet thermique est fonction de la vibration et du temps d'utilisation. Il est donc recommandé d'utiliser une irrigation (au moins en alternance) et de travailler par contact intermittent pour ne pas créer d'échauffement des tissus.
- La cavitation correspond à l'implosion des microbulles, formées par les ondes ultrasonores, dans le liquide d'irrigation. Elle joue un rôle important dans le nettoyage des surfaces et l'élimination des débris (Decup et Lasfargues 2012).

État de surface :

Une étude décrite dans (Lupi-Pegurier et al. 2004) a pour but de déterminer la microinfiltration (microleakage) après différentes techniques de préparation pour de scellement de sillons :

- La technique après sono abrasion
- La technique classique avec une préparation de l'émail à l'acide orthophosphorique
- La technique avec une préparation de l'émail à l'aide d'une fraise fissure diamantée et acide orthophosphorique

Après observation au microscope électronique : comparé à l'état de surface obtenu à l'acide orthophosphorique seule (forme en nid d'abeille), quand la sono abrasion est utilisée seule, l'émail paraît rugueux. Les surfaces obtenues après préparation invasive (fraises) associée à l'acide orthophosphorique et sono abrasion/acide orthophosphorique ressemblent aux surfaces obtenus après traitement à l'acide orthophosphorique (Lupi-Pegurier et al. 2004).

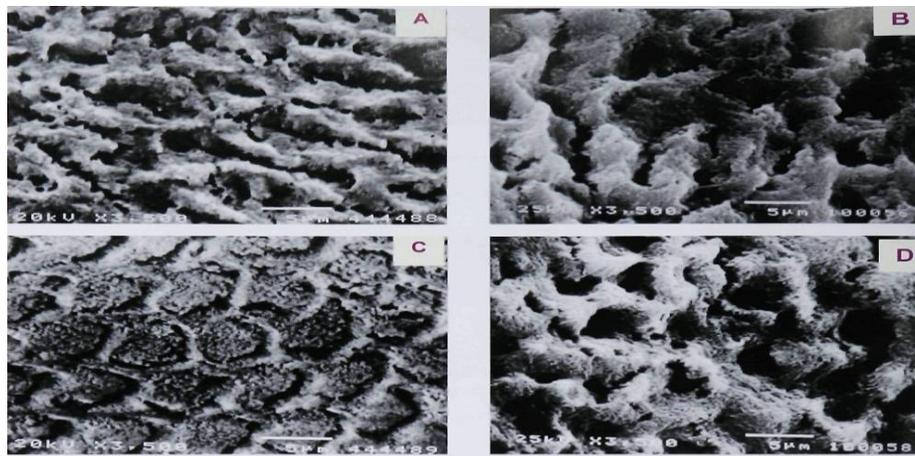


Fig 4 SEM aspect of enamel (X 3500) after different kinds of preparation: A – acid etching alone for 15 seconds; B – sono-abrasion associated with acid etching for 15 seconds, the enamel surface is much more regular than the one obtained after sono-abrasion alone; C – diamond bur associated with acid etching (for 15 seconds), the enamel surface has a typical honeycomb appearance; D – sono abrasion alone, the enamel surface looks rough and disorganized.

Illustration n 4: Émail en fonction de différents traitements (x3500)

A : acide orthophosphorique 15s, B : sono abrasion et acide orthophosphorique 15s la surface obtenu est plus lisse qu'avec seulement l'air abrasion, C : préparation invasive et acide orthophosphorique 15s (forme en nid d'abeille), D : sono abrasion seule, l'émail paraît rugueux et désorganisé. (Lupi-Pegurier et al. 2004)

L'observation au microscope électronique montre que les surfaces préparées à l'air abrasion et à l'acide orthophosphorique paraissent plus lisse et sans débris.

D'autres études (Cardoso et al 2008) (Decup et Lasfargues 2012) (Weisrock et al. 2011) montrent que, suite à une excavation réalisée avec des inserts ultrasoniques, les auteurs observent la présence de smear layer. L'utilisation d'un mordantage est donc recommandée.

En revanche, l'ultrasono-abrasion peut initier des craquelures amélaire (Couderc et al. 2011). D'autre part, certains auteurs s'accordent à dire que les finitions seraient plus homogènes qu'avec des techniques conventionnelles et qu'il y aurait moins de micro infiltrations (Decup et Lasfargues 2012).

2.2.3 Laser

En odontologie, les lasers les plus utilisés émettent dans le domaine du visible, il s'agit des lasers à gaz (Argon, CO₂), ou encore dans l'infrarouge avec les lasers à semi-conducteurs (Diodes) et les lasers à solides (KTP, Nd : YAG, Nd : YAP, Er : YAG, Er : YSGG).

Concernant les lasers Er : YAG, Er, Cr : YSGG, l'effet photomécanique obtenu permet de réaliser une action thermique, pour le tissu pulpaire, par micro explosions, entraînant l'élimination du tissu cible. Ils seront indiqués lors des traitements endodontiques, parodontaux mais aussi pour l'éviction des tissus durs cariés (émail, dentine).

En odontologie conservatrice, les tissus cibles sont l'émail et la dentine. Ainsi, le choix du praticien s'orientera préférentiellement vers l'emploi d'un laser Er : YAG, Er, Cr : YSGG ou Er : YSGG (Majori et al. 2005).

Selon une étude menée par De Moor et al. en 2009, les lasers Er : YAG et Er, Cr : YSGG, seraient les plus efficaces et présenteraient, à condition de les paramétrer correctement, peu d'effets secondaires thermiques (De Moor et Delmé 2009). De plus, certaines études ont conclu que les autres lasers seraient moins efficaces et créeraient plus de dommages collatéraux (Sanhadji El Haddar et al. 2016).

Mécanisme d'action :

Un contre-angle optique est monté au bout de la fibre ou du bras. La transmission de la lumière en tête de contre-angle peut être assurée par un miroir. L'utilisation de la fibre optique oblige à travailler à distance des tissus. La présence du miroir provoque l'apparition d'un inconvénient: l'encrassement du miroir. Il doit être régulièrement nettoyé à l'aide d'une compresse.

La lumière peut également être transmise vers les tissus par l'intermédiaire d'un embout spécial en quartz ou en saphir. Avec ce type d'embout, la distance on peut travailler en contact avec les tissus minéralisés. Tous les systèmes sont munis d'un spray de refroidissement indispensable pour l'ablation tissulaire sans échauffement. En temps normal les infra- rouges ne sont pas visibles à l'œil nu. Pour faciliter le travail du praticien, un faisceau de guidage rouge est utilisé.

L'utilisation du Er : YAG laser repose sur l'effet photomécanique entraîné par l'absorption du rayonnement. Le laser génère un spray air-eau, la surface du tissu cible est donc en permanence recouverte d'une couche d'eau. Celle-ci, ainsi que les tissus sous-jacents (la dentine et/ou l'émail) sur une couche très superficielle, vont absorber une partie de l'énergie apportée par le rayonnement incident. Cela va entraîner une augmentation de température et de pression, à la fois de l'eau et à l'intérieur des tissus cibles. L'eau va être vaporisée et les tissus vont être le lieu de micro explosions aboutissant à leur coupe franche. Un effet bactéricide est aussi observé sur les tissus cibles. Grâce à l'utilisation conjointe du spray, ce mécanisme reste quasiment athermique pour les tissus adjacents.

D'autre part, il a été démontré que la réfrigération par l'eau est très importante dans le processus d'ablation. Une irrigation ajustée à 2,0 ml/min, concomitante à l'irradiation des tissus dentaires par le laser Er : YAG, augmente l'efficacité de l'ablation et diminue les dommages thermiques (Colucci et al 2012). Les auteurs ont montré que la profondeur des cavités obtenues augmente avec la durée des pulsations, mais que leur diamètre diminue. Ainsi, plus la durée de pulsation sera longue, plus la profondeur de la préparation sera importante et plus son diamètre sera étroit. Cependant, le volume éliminé reste le même.

État de surface :

De nos jours, l'utilisation du laser en odontologie restauratrice est de plus en plus acceptée. L'effet du laser est principalement dû au changement de température qui peut être très important surtout au point d'irradiation. En conséquence, les tissus durs fusionnent, se vaporisent et un cratère est formé au site d'irradiation. L'énergie du laser entraîne une augmentation rapide de la température locale ce qui entraîne une fusion des cristaux d'apatites (Majori et al. 2005). L'action des lasers Er : YAG et Er, Cr : YSGG sur l'émail entraîne une éviction aussi bien de la substance inter qu'intraprismatique (Cardoso et al 2008).

Selon Tagomori et al, les surfaces d'émail traitées présentent des états de surface et des rugosités différentes selon l'intensité de la radiation du laser.

Les auteurs ont notés que les altérations de surface étaient seulement observées au niveau des couches superficielles de l'émail. Une coupe perpendiculaire à la surface d'une dent traitée par laser révèle : des cristaux d'émail non atteints dans la couche interne de l'émail, des cristaux fusionnés dans la zone intermédiaire enfin des colonnes de cristaux d'hydroxyapatite de forme hexagonale formés par la fusion et la recristallisation de l'émail, le tout séparé par des vides et des micro-craquelures sur la face externe de l'émail (Cardoso et al 2008).

Une étude décrite dans (Majori et al. 2005) a pour but d'évaluer la morphologie et la dureté de différents types d'émail irradié par le laser Nd :YAG en utilisant différents niveaux d'énergie.

Deux différentes évaluations ont été traitées *in vitro* dans cette étude :

- Le test Vickers de micro dureté, afin d'évaluer la modification de la micro dureté causée par les irradiations à différents niveaux
- Une évaluation au microscope électronique pour évaluer l'ultrastructure modifiée par l'irradiation Laser

Dans l'étude quarante dents (issus d'extraction pour l'orthodontie, ou d'extraction dues à des maladies parodontales) sont testées. Elles sont séparées de manière randomisée en quatre groupes A/B/C/D.

Le groupe A correspond aux dents non traitées, les groupes B/C/D correspondent aux dents traitées avec différentes intensités d'irradiation au laser pendant vingt secondes.

Groupes	Paramètres
Groupe A	Pas de traitement
Groupe B	60 mJ- 10Hz 0.6W
Groupe C	120 mJ- 10Hz 0.6W
Groupe D	160 mJ- 10Hz 0.6W

TABLEAU 1 : Traitement laser de chaque groupe (Majori et al. 2005).

Groupe A	316.80 ± 16.52
Groupe B	290.98 ± 54.25
Groupe C	296.81 ± 20.55
Groupe D	306.11 ± 13.41

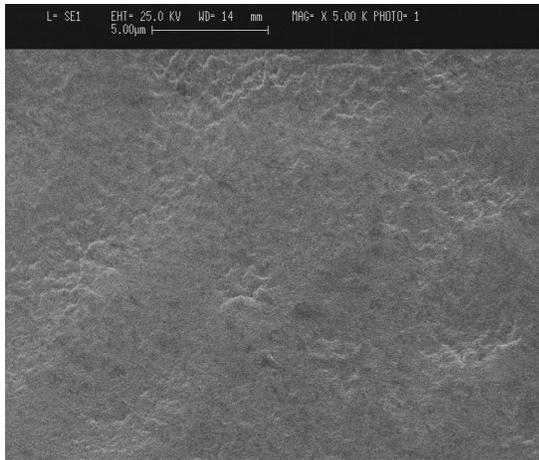
TABLEAU 2 : Résultats des tests de microdureté Vickers (VHN) (Majori et al. 2005).

Le tableau 2 montre les tests de micro dureté sur le groupe contrôle A et sur les groupes irradiés. Les chiffres représentent les valeurs moyennes et les écarts-types du test de micro dureté Vickers sur cinq dents de chaque groupe. Les groupes B, C et D ont été statistiquement comparés avec le groupe témoin par ANOVA.

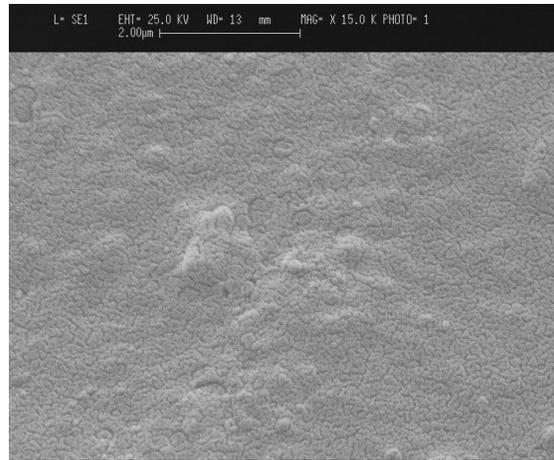
ANOVA n'a pas montré de différences statistiques entre chaque groupe et le groupe témoin.

Les images de SEM ont démontré aux faibles agrandissements une structure d'émail régulière dans le groupe non traité (le groupe A, illustration 5).

Et aux plus grands agrandissements il était possible d'observer l'orientation de prisme (illustration 6).

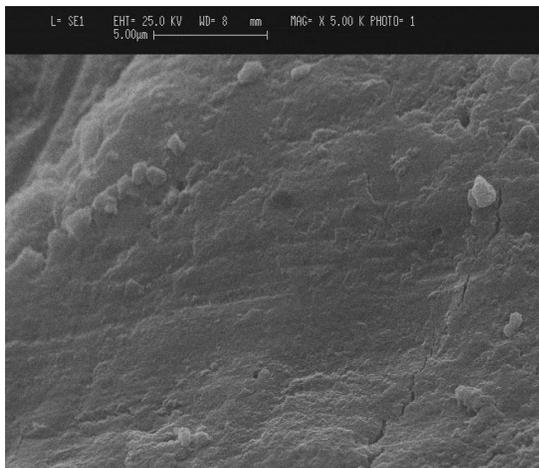


*Illustration n 5 : Email non traité par laser (SEM) groupe A (x5000)
(Majori et al. 2005)*



*Illustration n 6 : Email non traité où l'on peut observer l'orientation des primes groupe A (x15000)
(Majori et al. 2005)*

Une irradiation de laser d'énergie 60mJ (le groupe B) a rendu la surface beaucoup plus rugueuse, striée par des rayures verticales longues et régulières, probablement en raison du glissement de la fibre optique pendant l'irradiation (illustration n 7). L'augmentation de la rugosité a été observée à un plus grand grossissement (illustration 8) avec une perte initiale de la structure des primes.



*Illustration n 7 : Groupe B : surface striée par de longues et régulières rayures (x5000)
(Majori et al. 2005)*

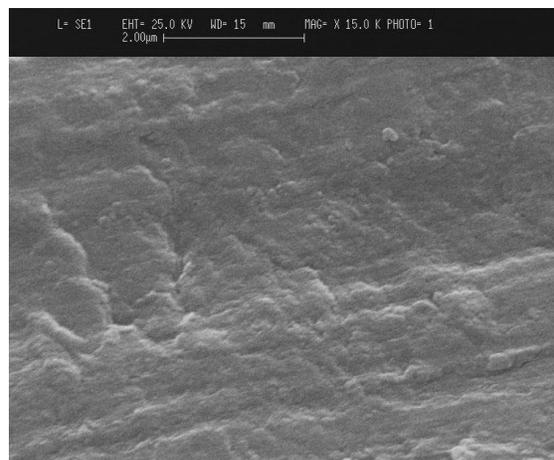


Illustration n 8: Groupe B : augmentation de la rugosité, perte initiale de la structure des primes (x15000) (Majori et al. 2005)

Le groupe C traité par le laser à 120 mJ montre des images très différentes : on observe une différence significative dans la charpente et les dimensions des prismes d'émail, il y a des fissures à la surface de l'émail qui apparaît totalement recouvert de cratères (illustration 9).

Au plus grand grossissement, des cratères particuliers ont été observés (illustration 10), en raison de l'évaporation rapide d'eau et la décomposition organique pendant le chauffage par le laser Nd:YAG.

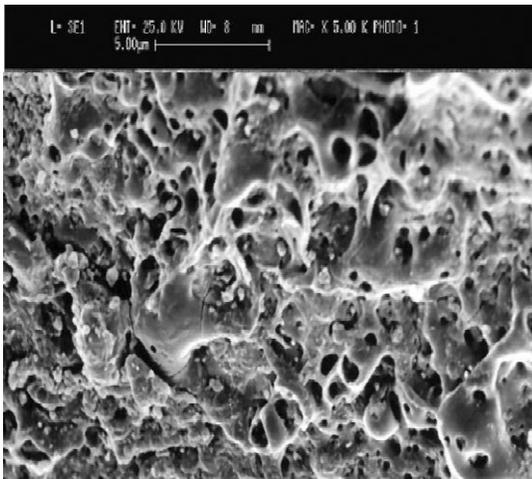


Illustration n 9: groupe C, émail recouvert de cratères (x5000) (Majori et al. 2005)

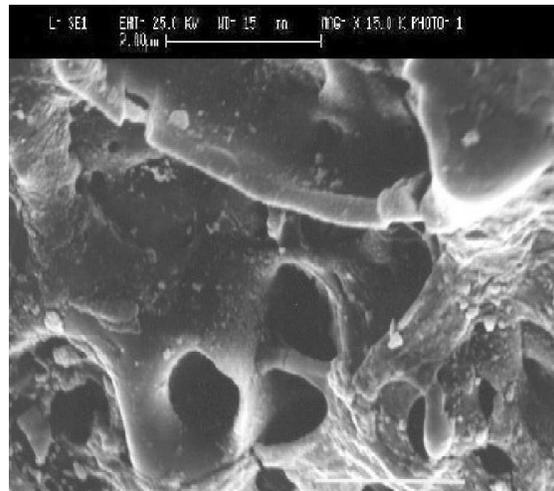
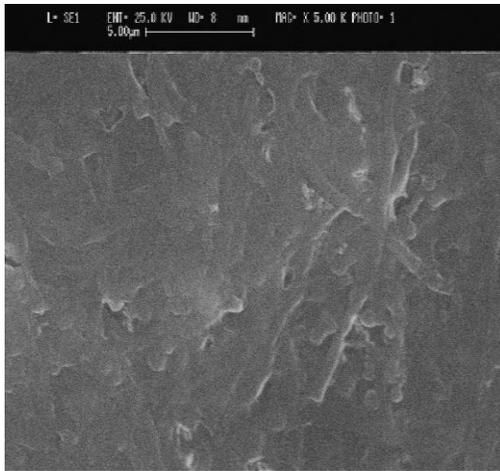


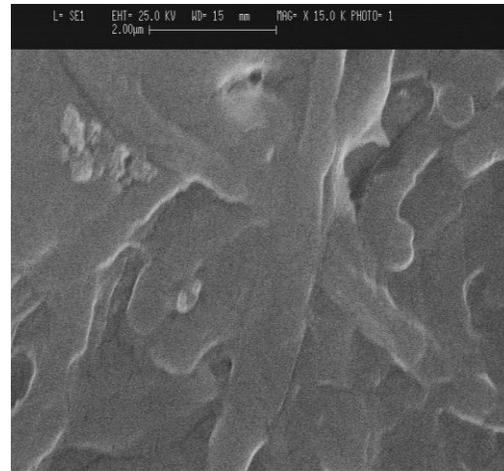
Illustration n 10: groupe C : grossissement plus importants où il est possible d'observer des cratères particuliers (x15000) (Majori et al. 2005)

Dans le groupe D de dents traitées au laser à une énergie de 160 mJ, comme déjà décrit dans la littérature, la structure d'émail est totalement absente dans la couche superficielle et a un aspect semblable au verre, probablement en raison de l'augmentation de la température jusqu'au point de sublimation ($> 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$) du matériel qui, lorsque pendant la solidification ultérieure, change complètement sa structure initiale (illustration 11).

Avec un grossissement plus important (illustration 12) la différence de morphologie est observée après traitement laser: la fusion et la solidification de l'émail ont produit des colonnes séparées par des vides, comme rapporté par Tagomori et al. Cette sorte de morphologie n'a pas été détectée dans tous les spécimens analysés. Probablement le degré de minéralisation est un facteur pertinent affectant la disposition des cristaux pendant la solidification.



*Illustration n 11: groupe D la structure l'émail est complètement absente, un aspect en forme de verre est observé (x5000)
(Majori et al. 2005)*



*Illustration n 12: groupe D, la fusion et la solidification de l'émail produits des colonnes séparées par des vides (x15000)
(Majori et al. 2005)*

Une étude (Rocca 2008) montre que la micromorphologie de l'émail traité par ces lasers est quasiment identique à une surface traitée par acide. On obtient un émail dit pseudo mordancé. Certains auteurs (Rocca 2008) pensent qu'un traitement à l'acide phosphorique est donc superflu. Au contraire, d'autres conseillent d'y associer l'action d'un mordantage à l'acide phosphorique à 37 % (Cardoso et al 2008) (Delfino et al 2006).

Le traitement laser entraîne différents états de surface en fonction de l'intensité à laquelle il est utilisé. La question qui se pose est de savoir si les états de surface engendrés vont avoir un impact sur la procédure de collage, et si oui quel traitement de surface et quel type d'adhésif est recommandé pour potentialiser le collage.

2.3 Invasives

Les techniques invasives concernent pour la majeure partie l'instrumentation rotative. Il est nécessaire de distinguer deux types d'instrumentations rotatives, un système à air et un système électrique. En fonction de ces différents systèmes différentes fraises sont mises à disposition et ont un rôle différent ce qui entraîne un état de surface dentaire différent.

Mécanisme d'action :

Parmi les différentes fraises on distingue :

- Les fraises en carbure de tungstène :

Les fraises vont éliminer les tissus dentaires soit par coupe, soit par abrasion. Les fraises en carbure de tungstène sont considérées comme des fraises à lame et entraînent une action de coupe, leur efficacité dépend de leur géométrie de coupe (c'est à dire du nombre de bords tranchants et de leur angle de coupe). La plupart du temps ces fraises sont utilisées avec un micro-moteur et un contre angle bague bleu. Enfin la pulvérisation air-eau est indispensable pour l'élimination des débris et le contrôle de la température.

-Les fraises diamantées :

Contrairement aux fraises précédentes, celles-ci éliminent les tissus dentaires par abrasion. Il existe de nombreuses granulométries allant de grain 4 à 195µm. Elles sont généralement montées sur turbine ou contre-angle bague rouge. Plus le grain est gros, plus la fraise est abrasive. Généralement pour l'excavation du tissu carieux on utilise des fraises ayant une granulométrie de 100µm. Pour finir contrairement aux fraises en carbure de tungstène, peut appliquer un mouvement de balayage sur la dent.

-Les fraises en céramiques :

Depuis plusieurs années les fraises en céramiques sont apparues sur le marché. Elles présentent bien des avantages par rapport aux fraises classiques, mais elles ne peuvent en rien les substituer. Ces fraises sont, pour la plupart, composées de céramique Zirconie alliée à de l'oxyde d'alumine. Les propriétés qui en découlent sont donc une meilleure résistance à la compression, à l'usure, à l'agressivité des produits chimiques et une plus grande dureté. Mais en contrepartie, elles sont plus fragiles, et il ne faut donc pas leur appliquer une pression latérale. Leur principaux inconvénients sont leur inefficacité sur l'émail et qu'il est recommandé de ne pas les utiliser sur du composite. Pour finir leur couleur blanche permet de bien différencier le tissu sain du tissu carié.

-Les fraises polymères :

Ces fraises sont inefficaces sur l'émail.

État de surface :

Une étude décrite dans (Ko et al. 2016) a pour but d'évaluer et de comparer les caractéristiques de la surface dentaire sur des molaires humaines extraites après la suppression des projections d'émail cervical avec l'utilisation de trois instruments rotatifs. Les trois instruments sont : le piézoélectrique monté sur un US, une fraise parodontale monté sur un contre-angle bague bleu et une fraise diamantée monté sur un contre-angle bague rouge.



*Illustration n 13 : A : piézoélectrique, B : fraise parodontale, C : fraise diamantée
(Ko et al. 2016)*

Les caractéristiques de surface des dents avant et après élimination des projections sont ensuite évaluées au microscope électronique à balayage (SEM). Les caractéristiques des surfaces dentaires ont été évaluées par rapport à la rugosité et si les projections de d'émail avaient été complètement éliminées.

D'après les images au SEM, les surfaces traitées aux fraises de diamantées étaient les plus lisses, mais cet instrument a causé des dommages considérables aux structures dentaires près de la furcation. Le groupe traité au piézoélectrique a produit la surface la plus rugueuse mais a causé moins de dommages à la structure dentaire près de la furcation. En général, les surfaces traitées avec la fraise parodontale étaient plus lisses que celles traitées avec le piézoélectrique, la fraise parodontale n'a pas envahi les structures dentaires adjacentes.

En conclusion, cette étude a permis d'examiner la surface des dents extraites avant et après l'élimination des projections d'émail. Dans les photographies SEM, la fraise diamantée a produit la surface la plus lisse mais était très nocive pour la structure dentaire. Le piézoélectrique a produit la surface la plus rugueuse mais était moins nocif pour la structure dentaire près de l'entrée de la furcation.

2.4 États de surface obtenus : tableau récapitulatif

AIR ABRASION			LASER			SONO ABRASION	FRAISE DIAMANTÉ
Alumine	Bicarbonate de sodium	BAG	60mJ	120mJ	160mJ	Émail rugueux désorganisé	Aspect lisse de l'émail, mais très délabrant
Structure d'émail en fer à cheval. Micro-dureté supérieur à celle de l'émail : 2100KHN contre 300 pour l'émail Utilisation à des fins d'éviction	Pas d'observation de structures en fer à cheval Micro-dureté proche de celle de l'émail : 170 KHN Utilisation à des fins de polissage	Pas d'observation de structures en fer à cheval Micro-dureté proche de celle de l'émail : 420 KHN Utilisation à des fins de polissage	Structure plus rugueuse striée par des rayures verticales longues régulières Perte initiale de la structure des prismes	Différence significative dans la charpente et les dimensions des prismes d'émail Fissures à la surface de l'émail qui apparaît totalement recouvert de cratères	Structure de l'émail totalement absente dans la couche superficielle Aspect semblable au verre Fusion et solidification de l'émail créé des colonnes séparées par des vides .		

3 Etats de surface des anomalies et atteintes de l'émail

3.1 Les lésions cervicales d'usure

3.1.1 Définition/Classification

Le terme «lésion d'usure» (LCU) décrit la perte de tissu dentaire dur à la jonction amélo-cémentaire (JAC) sans processus carieux. Selon Eccles, la perte de tissu dur est divisée en trois classes (Eccles 1979). Historiquement, on observe trois variations anatomiques différentes de jonction amélo-cémentaire : dans ~ 60 %, le ciment recouvre l'émail; dans ~ 30 %, il y a une relation bord à bord; et dans ~ 10 %, l'émail et le ciment ne se touchent pas et il en résulte une petite zone consécutive de dentine exposée.

La jonction amélo-cémentaire est une zone vulnérable du fait que la dentine et le ciment ne sont pas très résistants aux impacts environnementaux, de plus l'épaisseur de l'émail de dans cette zone est très fine.

Bien qu'elles soient acceptées les LCU ont une étiologie multifactorielle, les contributions relatives des facteurs étiologiques divers restent incertaines. Actuellement, les causes les plus largement acceptées des LCU sont l'abrasion, l'érosion et l'attrition et l'abfraction bien que plusieurs théories alternatives aient été proposées.

L'érosion

L'érosion dentaire est la conséquence d'un processus chimique de dissolution de l'émail. L'exposition aux acides alimentaires (sodas, jus de fruits, alcools, condiments, etc.) s'est considérablement accrue dans les habitudes de la vie moderne. De plus, les désordres nutritionnels tels que l'anorexie ou les vomissements sont souvent cachés et les reflux gastro-oesophagiens restent souvent imperceptibles. L'érosion dentaire peut se combiner aux mécanismes physiques affaiblissant la surface et la structure des tissus durs que sont l'attrition et l'abrasion (Lussi et al. 2012).

Dans la clinique, ces processus sont rarement univoques : ils peuvent se succéder sur de longues périodes ou se superposer simultanément, ce qui rend le diagnostic plus difficile (Wiegand et Attin 2011).



Illustration n 1 et 2 : Usure d'origine extrinsèque (consommation de citron en quartiers), localisé sur la face vestibulaire des incisives et canines maxillaires d'une patiente de 57 ans
Illustration 1 La latéralisation manuelle du brossage (usure abrasive) est responsable de l'asymétrie des lésions
Illustration 2 Les lésions érosives sont concaves avec un bandeau d'émail présent à la périphérie. La présence de tâches atteste l'ancienneté du processus érosif qui n'est plus actif
(Alina Monica et al. 2014)

L'abrasion

L'abrasion est une usure dentaire par friction causée par des contacts dynamiques impliquant des corps abrasifs. Elle découle d'un brossage agressif des dents et des gencives, de nettoyages interproximaux traumatiques ou d'habitudes alimentaires et se situe majoritairement dans le tiers cervical. L'usure du collet est liée à la moindre dureté des tissus radiculaires en présence de récession gingivale. L'usure par abrasion diffuse correspond à l'abrasivité des aliments ou de particules aéroportées (poussière, sable) dans certains environnements (Wiegand et Attin 2011).



Illustration n 3 : Abrasion (D'après la thèse de Id-Oumohmed 2016)

L'attrition

L'attrition est une usure mécanique physiologique résultant des contacts dento-dentaires occlusaux et proximaux. Elle crée des surfaces d'usure ou « facettes » bien reconnaissables car nettement délimitées et polies au niveau des surfaces triturantes et qui correspondent à des facettes sur l'arcade antagoniste. Cette usure peut être accentuée par une habitude parafunctionnelle comme le bruxisme.

L'abfraction

L'abfraction est un terme défini par Grippo pour décrire la perte de microstructure dentaire dans la région cervicale de la dent (Grippo 1992). Des études ont clairement démontré qu'une distribution non fonctionnelle de la charge occlusale crée des contraintes de traction qui sont conduites dans la région cervicale de la dent et qui perturbent les cristaux d'hydroxyapatites. Elle se développe dans une zone de flexion, qui se retrouve au collet de la dent, et la perte de substance est le résultat de force biomécanique et de surcharge causée par l'occlusion. Pour finir le phénomène d'abfraction est très lié au phénomène d'attrition, Le terme «abfraction» est utilisé pour décrire la perte de tissus dentaires durs à la jonction amélo-cémentaire causés par une charge non axiale à la dent qui conduit à une flexion de cuspide. L'attrition est le facteur physiologique de la perte de tissu dentaire dur due au contact dent à dent (Michael et al. 2009).

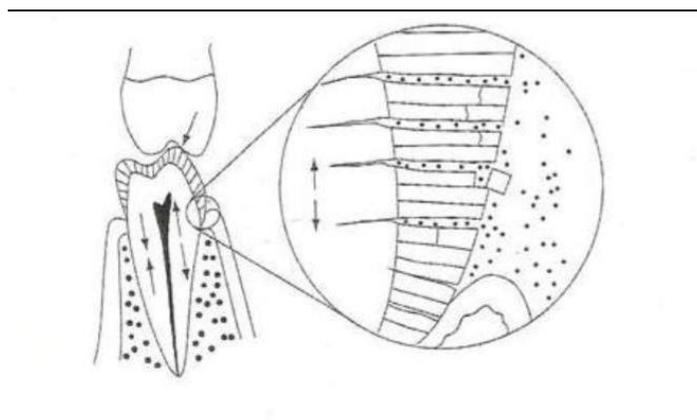
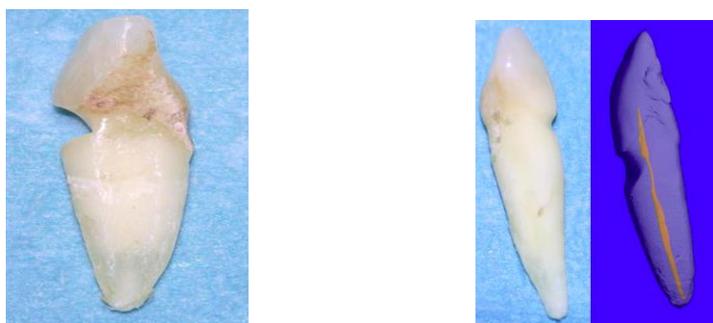


Illustration n 4 : Abfraction (Lee et Eakle 1996)

La théorie la plus commune favorise une causalité multifactorielle. Plusieurs théories concernant le développement de LCU sont discutés (Wood et al. 2008). La région cervicale est la partie la plus vulnérable de la dent, puisque l'émail est de moindre qualité avec des pores plus volumineux, teneur en protéines et une teneur minérale plus faible. De plus des dommages abrasifs sont causés principalement par l'hygiène, l'érosion due aux faibles valeurs de pH de certaines substances comme les boissons et l'acide gastrique. D'autres théories décrivent une charge dysfonctionnelle des dents, par exemple due à des parafonctions ou des déficiences neuro-musculaires.

3.1.2 Diagnostic positif-Manifestation bucco-dentaire

Deux formes très distinctes de LCU peuvent être observées: la forme en coin et une lésion en forme de soucoupe. A côté de ceux-ci, des lésions de forme mixte peuvent être observées. On suspecte que des mécanismes différents ou leurs combinaisons peuvent constituer la base des différentes lésions façonnées. Dans les cas d'érosions ou d'abrasions, la surface des LCU est être très lisse. En outre, dans les cas principalement par abrasion, la surface être dépourvue d'une épaisse couche de plaque en raison de l'enlèvement mécanique constant. Dans les cas hypothétiques d'abfraction, des petites fractures sont visible à la surface de la LCU à cause de la charge non-axiale et le stress qui en résulte à la JAC qui entraînent des fractures conduisant à la rupture du tissu dentaire dur (Walter et al. 2014).



*Illustrations n 5 et 6 : Lésions en forme de coin (gauche) et de soucoupe (droite)
(Walter et al. 2014)*

Concernant les abrasions, lorsque l'émail est le premier tissu concerné, l'évolution est lente, peu visible lors de l'examen clinique mais plus facile à déceler sur des moulages. Ces lésions sont totalement asymptomatiques dans la mesure où il n'y a pas d'exposition dentinaire. Lorsque l'abrasion s'accroît, une portion de dentine se trouve exposée. La jonction entre les deux tissus (émail/dentine) se présente sous la forme d'une lésion en « coup d'ongle » (Lasfargues et Colon 2010).



Illustration n 7 : Coupe longitudinale d'une lésion cervicale abrasive permet de mettre en évidence une forme angulaire (Lasfargues et Colon 2010)

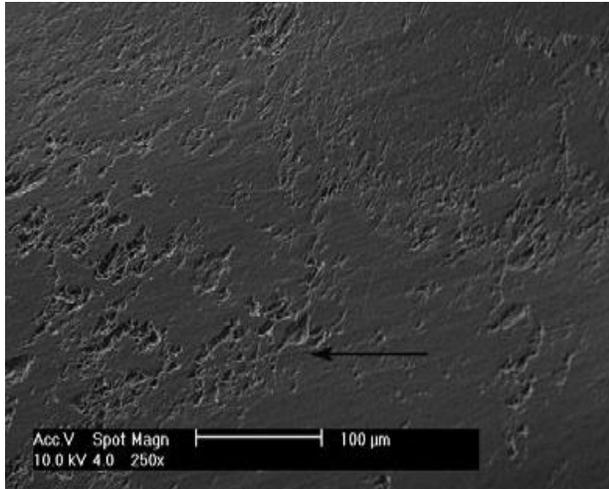
Concernant l'érosion le processus de dégradation et les pertes de substances associées peuvent revêtir des formes cliniques différentes. Les lésions sont la conséquence de la déminéralisation de la matrice inorganique de la dent, avec des pertes de substance à surface large et sans angle marqué (Lasfargues et Colon 2010). Sur l'émail la lésion apparaît lisse et polie sans péricymaties, il n'y a pas de variation de teinte de cette zone.

3.1.3 États de surface

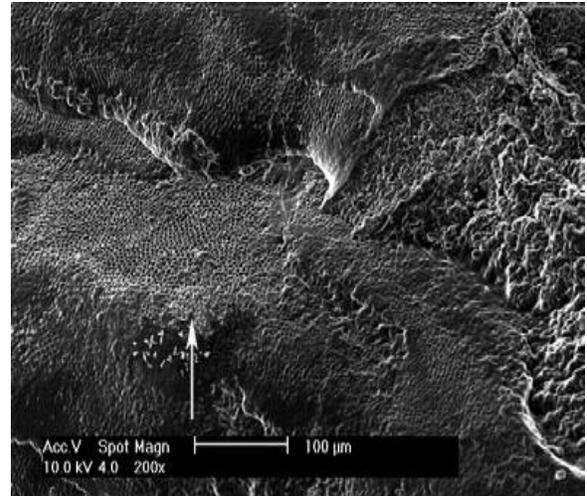
Une étude au microscope électronique permet d'étudier l'ultrastructure des LCU (Michael et al. 2010).

Cette étude s'est faite sur quarante dents.

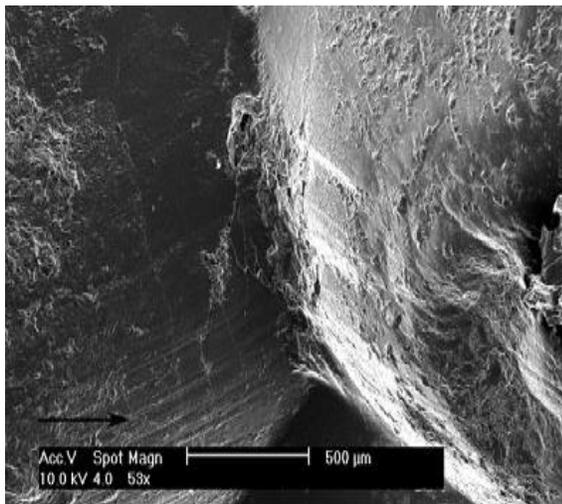
Les lésions individuelles présentaient un éventail de caractéristiques qualitatives basées sur le principe que différentes étiologies donnent lieu à des caractéristiques qualitatives différentes, cette étude confirme une étiologie multifactorielle complexe des LCU.



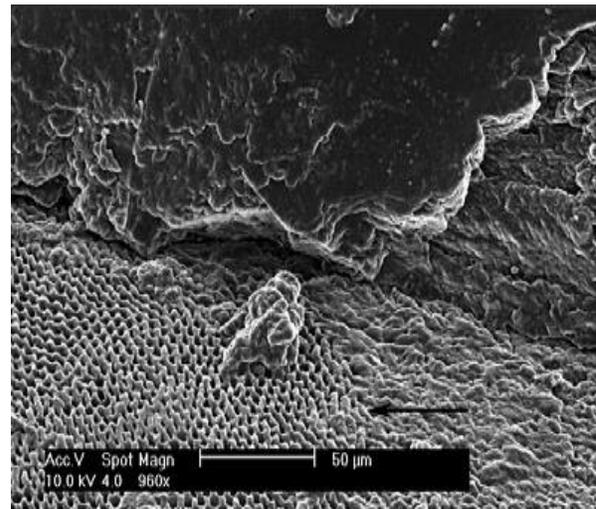
*Illustration n 8: Aspect en cratère (x250)
(Michael et al. 2010)*



*Illustration n 9: Aspect montrant
l'exposition des tubulis (x200)
(Michael et al. 2010)*



*Illustration n 10: Aspect montrant des
sillons horizontaux (x200)
(Michael et al. 2010)*



*Illustration n 11: Aspect montrant un émail
érodé (x960) (Michael et al. 2010)*

Les tubulis exposées ainsi que l'émail érodé (illustrations de 8-11) sont dus aux phénomènes d'érosion. Les aspects de cratères (illustration 8) sont dus aux phénomènes d'abfraction.

Les aspects de rayures horizontales (illustration 10) sont dus aux phénomènes d'abrasion.

Il est possible que des sillons horizontaux et verticaux soient le résultat d'une abrasion unidirectionnelle prolongée ou d'une combinaison d'abrasion et d'érosion (Abdalla et al. 2017), ce qui se traduit par un effet synergique. Ces sillons sont caractéristiques des lésions en forme de coin, Bevenius et al. ont en fourni une description (Bevenius et al. 1993).

3.2 Amélogénèse imparfaite

3.2.1 Définition/Classification

Les amélogénèse imparfaites peuvent être génétiques ou syndromiques. Dans le premier cas, l'atteinte héréditaire n'affecte que l'émail et conduit, outre une modification de teinte, à une détérioration de la forme et volume des dents par attrition et destruction précoce de l'émail. L'amélogénèse de type syndromique se rencontre dans diverses affections génétiques ou chromosomiques dont le phénotype comporte une amélogénèse imparfaite.

Les altérations de l'émail sont très variées dans leur expression clinique et ne sont alors qu'une affection mineure parmi d'autres générales, très handicapantes voir vitales, comme des anomalies cardiaques ou céphaliques par exemple (Lasfargues et Colon 2010).

Le diagnostic implique l'exclusion de facteurs environnementaux extrinsèques ou d'autres facteurs, l'établissement d'un modèle d'hérédité probable, la reconnaissance du phénotype et la corrélation avec les dates de formation des dents pour exclure une perturbation chronologique du développement. De nombreuses classifications de l'AI ont évoluées depuis la distinction entre les types hypoplasiques et hypocalcifiés en 1945. Certains ont été exclusivement basés sur le phénotype (apparence), d'autres ont utilisé le phénotype comme le discriminant primaire et le mode d'hérédité comme un facteur secondaire dans le diagnostic.

L'amélogénèse imparfaite peut être subdivisée en différentes formes : hypoplasique, hypominéralisée et hypomature :

La forme hypoplasique a des **défauts quantitatifs**, elle se manifeste par une faible épaisseur, voire une absence d'émail et la présence de puits ou de stries. L'émail est néanmoins dur, translucide et parfois d'aspect rugueux ou piqueté (Chafaie 2010) (Lasfargues et Colon 2010).



Illustration n 12 : Forme hypoplasique (Chafaie 2010)

La forme hypominéralisée présente un **défaut qualitatif**. L'émail est d'épaisseur normale, mou, de couleur jaune brun intrinsèque et se clive rapidement



Illustration n 13 : Forme hypominéralisée (Chafaie 2010)

La forme hypomature présente un **défaut qualitatif**. L'émail est d'épaisseur normale à l'éruption mais, du fait de sa consistance plus ou moins molle, il se dégrade rapidement (Lasfargues et Colon 2010).



Illustration n 14 : Frome hypomature (Chafaie 2010)

L'émail dentaire est un tissu hautement minéralisé dont plus de 95 % du volume est occupé par des cristaux d'hydroxyapatite exceptionnellement grands et hautement organisés. On pense que la formation de cette structure hautement organisée et inhabituelle est rigoureusement contrôlée dans les améloblastes par l'interaction d'un certain nombre de molécules de matrice organique comprenant l'émail (ENAM, 4q21, OMIM * 606585), l'amélogénine (AMELX, Xp22.3-p22. 1, AMIM * 300391), améloblastine (AMBN; 4q21, OMIM * 601259), tufteline (TUFT1; 1q21, OMIM * 600087), amélotine (AMELOTIN 4q13) [14], sialophosphoprotéine dentine (DSPP;) Et une variété d'enzymes telles que la kallikréine 4 (KLK4; 19q13.3-q13.4, OMIM * 603767) et la métalloprotéinase 20 de matrice (MMP20; 11q22.3-q23, OMIM * 604629) (Iwasaki et al. 2005).

3.2.2 Diagnostic positif-Manifestation bucco-dentaire

Une variété de symptômes peuvent être présentés avec l'AI. Les résultats les plus importants comprennent une perte importante de tissu dentaire, une sensibilité dentaire, une attrition excessive conduisant à des couronnes cliniques courtes, un espacement dans la région antérieure de la denture, des contacts proximaux normaux ou serrés dans la région postérieure et une résistance générale à la carie de l'émail (Hoppenreijns et al. 1998).

On a décrit une épaisseur d'émail réduite combinée à une dureté normale et une opacité radiographique dans le cas d'une AI hypoplasique, alors que dans le cas de l'hypomature ou de l'émail hypominéralisée, l'émail est d'une épaisseur normale, mais plus doux et la radio-opacité réduite (Gisler et al. 2010). La diversité des manifestations est minutieusement délimitée. L'éruption anormale des dents, la racine courte, la résorption coronale, les dents manquantes congénitales, les malocclusions, la calcification pulpaire, les dysplasies dentaires, les malformations radiculaires et le taurodontisme ont été régulièrement rapportés. (Pulgar Encinas et al. 2001) (Coley-Smith et Brown 1996).

Ne pas être omis de citer les irrégularités de la surface et la décoloration de la couronne (principalement de l'ombre brune jaunâtre) (Hoppenreijns et al. 1998). L'analyse histologique n'a pas permis de prouver l'existence d'une architecture prismatique dans l'émail, alors que cliniquement et histologiquement, la dentine n'était pas mal formée (Keles et al. 2001).

3.2.3 États de surface

Un individu ayant une AI devrait être traité par une gamme de spécialistes différents, comme les pédodontistes, les orthodontistes, les chirurgiens maxillo-faciaux et les dentistes et pas nécessairement dans cet ordre. La gestion est souvent complexe, prend beaucoup de temps (plus souvent de l'enfance au début de l'âge adulte). Comme l'émail d'un individu atteint d'AI est privé de structure prismatique normale, de nombreuses questions se posent quant à l'efficacité des options de restauration basées l'adhésion. De nombreux cas d'AI ont été traités avec succès dans le passé avec des méthodes de liaison par attaque acide, ce qui implique que seule l'absence totale de couche d'émail conduit avec certitude à l'échec de la réhabilitation. La norme minimale est l'existence d'une couche mince, même non prismatique d'émail. L'âge du patient est un facteur important pour déterminer quelle voie de traitement sera suivie. Les restaurations composites directes sont fortement recommandées pour les enfants et les adolescents atteints d'AI, car ils peuvent être facilement ajustés en fonction du développement du dento-alvéolaire et ils sont peu invasifs. Les restaurations indirectes représentent une solution préférable pour les adultes, où un traitement complet global pourrait être nécessaire. Comme le champ des adhésions micromécaniques est de plus en plus avancé et la détermination génotypique de chaque type spécifique d'AI n'est pas loin, on s'attend à ce que dans le futur le traitement approprié sera choisi sur le diagnostic basé sur les gènes, ce qui entraînera le résultat le mieux obtenu.

Comme l'AI se caractérise par une diversité clinique, une approche générique appropriée dans tous les cas d'AI consiste à enlever la substance dentaire décolorée ainsi que le tissu dentaire défectueux et à couvrir (masquer) les défauts (Alachioti et al. 2014).

Une étude décrite dans (Wright et al. 1991) a pour but de caractériser l'ultrastructure et la teneur en minéraux de l'émail hypoplasique de l'AI. L'émail d'AI a été uniformément réduit en épaisseur d'environ 60% par rapport à l'émail témoin. Les études d'imbibition ont indiqué que l'émail AI était généralement poreux. Les premiers 30 μm d'émail AI adjacents à la jonction amélo-dentinaire étaient translucides avec des prismes peu formés. La structure du prisme anormal a été observée dans tout l'émail AI. Bien que les largeurs de cristallite soient semblables dans l'AI et l'émail normal, les dents AI ont montré des zones où l'ordre des cristallites et la continuité semblaient perturbés.

Le contenu minéral moyen était similaire pour toutes les variables mesurées à l'exception du sodium, ce qui était significativement plus faible dans les dents atteintes d'AI. La concentration de calcium était très faible dans l'émail AI directement à côté de la jonction amélo-dentinaire, enfin on a observé un gradient de concentration plus raide passant de la dentine à la surface par rapport aux dents témoins. On peut conclure que les ameloblastes en AI hypoplasique produisent un tissu d'épaisseur réduite (Wright et al. 1991), excessivement poreux et qui présente des altérations dans son organisation ultrastructurale.

4 Adhésion amélaire

4.1 Adhésion

4.1.1 Généralités

Les adhésifs amélo-dentaires sont des biomatériaux d'interfaces. Ils contribuent à former un lien idéalement adhérent et étanche entre les tissus dentaires calcifiés et des biomatériaux de restauration ou d'assemblage. Hormis les ciments verre-ionomères, leurs dérivés et quelques rares colles auto-adhésives, tous les biomatériaux employés en dentisterie restauratrice et en prothèse fixée requièrent leur emploi.

Leurs champs d'indication sont donc bien établis et leurs apports à l'essor de thérapeutiques plus conservatrices, plus esthétiques et plus biocompatibles est tellement évident qu'il ne se discute plus aujourd'hui. Les problèmes que posent ces produits relèvent de leur efficacité immédiate et dans la durée.

Cette efficacité dépend principalement de leur mise en œuvre, car la technique adhésive s'avère très sensible à la manipulation. Bien les employer, bien les exploiter requiert au préalable de bien connaître leurs mécanismes d'action.

Les monomères qu'ils contiennent sont susceptibles de pénétrer les microrugosités de l'émail et de la dentine avant de se lier par polymérisation au matériau de restauration (généralement un composite).

Leur infiltration nécessite une attaque acide préalable ou simultanée à leur application sur les deux tissus. Après prise, ils contribuent à former une interphase mixte tissus-biomatériaux (Nakabayashi et Takarada 1992). La principale composante de cette adhésion est donc d'ordre micromécanique, voire nano-mécanique. En réalité, leur mode de liaison est un phénomène plus complexe qui implique des contributions tant physico-chimiques que chimiques. Sur le plan physico-chimique, ces produits doivent mouiller puis s'infiltrer le plus parfaitement possible les microporosités des substrats. Par ailleurs, l'étude de (Yoshida et al. 2004) a montré que les groupements fonctionnels de certains monomères étaient susceptibles de former des liaisons chimiques primaires notamment avec le calcium de l'hydroxyapatite.

4.2 Les différents systèmes de collage

4.2.1 Généralités

On distinguera 2 grandes classes d'adhésifs :

- Celle des produits qui requièrent un mordantage suivi d'un rinçage, en préalable à leur emploi (M&R).
- Celle des produits que l'on applique directement sur les surfaces dentaires sans aucun traitement préliminaire. Cette classe regroupe tous les systèmes auto- mordantant (SAM).

Les systèmes de collage		
M&R III	3 étapes : mordançage/primer/ adhésif	<p>All Bond 2 - Bisco Optibond FL - Kerr-Hawe ScotchBond MP - 3M ESPE Syntac Classic - Vivadent</p>
M&R II	2 étapes : mordançage /primer+adhésif	<p>Adhésifs dits mono-composants</p> <p>Solvant Alcool Etch & Vivadent Gluma Comfort - Heraeus Optibond Solo + - Kerr Permaquick 1 - Ultradent Scotchbond One - 3M ESPE</p> <p>Solvant Acétone One Step plus - Bisco Prime & Bond NT - Dentsply Gluma One Bond - Heraeus Tenure Quick - Den Mat STRE - SDI Définitive B - Générique Int. Solist - DMG</p> <p>Solvant Eau James 2 - Sirecco One-Coat - Coltène Syntac Spr - Vivadent</p>
SAM II	2 étapes : Acide+primer/adhésif	<p>AdheSE - Vivadent Clearfil Liner B 2V - Kuraray Clearfil SE Bond - Kuraray Contas - DMG - NRC + P&B NT - Dentsply</p> <p>Mac Bond II - Tokuyama - OneCoat SE Bond - Coltène -Optibond solo self-etch - Kerr Tenure Uni-Bond - DenMat Tyriary/One Step+ - Bisco -Septobond SE - Septodont UniFill Bond - GC</p>
SAM I	1 étape : acide+primer+adhésif	<p>Adhésifs dits « tout en un »</p> <p>Adper Prompt - 3M/ESPE AQ Bond - Sun Medical Etch&Prime 3 - Degussa I Bond - Heraeus-Kulzer One Up Bond - Tokuyama Tenure No-etch - Den Mat Xeno III - Dentsply</p>

Tableau 1 : Les différents systèmes adhésifs (DeGrange 2005)

4.3 Mise en condition tissulaire

4.3.1 Optimisation du collage

L'optimisation du collage correspond à une séquence de prétraitement qui permet aux surfaces de recevoir les matériaux de collage. Le mordantage ou etching, consiste à appliquer une solution ou un gel, généralement d'acide phosphorique. Le temps d'application moyen est de 30 secondes au niveau de l'émail et 15 secondes sur la dentine. Ces durées peuvent être légèrement variables en fonction du pH et de la concentration de l'acide. Après rinçage, on obtient sur l'émail les classiques faciès propices à l'ancrage micro-mécanique de l'adhésif. Il est souhaitable d'employer des gels d'acide phosphorique dont la concentration est supérieure à 20 % pour contrôler visuellement l'efficacité du mordantage sur l'émail qui présente après rinçage et séchage, un aspect blanc mat crayeux (Hannig et al. 1999).

4.3.2 Potentiel d'adhésion

Au niveau de l'émail, il est bien admis aujourd'hui que la qualité du mordantage est le principal facteur influençant la valeur de l'adhésion à l'émail. La nature de l'acide employé, sa concentration, ses temps d'application et de rinçage sont plus conséquents que la nature de l'adhésif. La seule exception concerne la situation particulière où il s'avère nécessaire de coller sur émail humide, puisque la dentine doit être humide avant l'application de certains systèmes (Pashley et Tay 2001). Grâce à leurs primer, certains M&R III procurent une bonne adhérence à l'émail humide. De la même manière, la présence de monomères hydrophiles et de solvants organiques dans la plupart des M&R II permet de s'affranchir du caractère plus ou moins humide de l'émail. Pour obtenir une liaison fiable et durable à l'émail, l'acide phosphorique dans une fourchette de composition comprise entre 20 et 40 % reste la référence. La qualité de l'adhésion à l'émail des systèmes auto-mordantants en un sujet encore très discuté. La plupart des auteurs s'accordent sur un point : les faciès d'attaque générés par les SAMs sur l'émail apparaissent moins rétentifs que ceux que procure l'acide phosphorique. Sur un émail, non préparé (non fraisé) les SAM présentent de faibles valeurs d'adhérence (Pashley et Tay 2001).

L'adhérence à l'émail semble pour partie liée au pH de la solution de mordantage et à l'amplitude de l'attaque qu'il provoque. Même si quelques auteurs annoncent des valeurs d'adhérence mesurées *in vitro* équivalentes entre systèmes M & R, la majeure partie des études montre que l'adhérence à l'émail fraisée procurée par SAM s'avère réduite par rapport à celle procurée par l'acide phosphorique (Miyazaki et al. 1999; Inoue et al. 2003; Goracci et al. 2004; Ernst et al. 2005; Kerby et al. 2005)

4.3.3 Émail après mordantage

Buonocore (1955) a rapporté que la liaison à la surface de l'émail pourrait être augmentée en conditionnant la surface avec 85 % d'acide phosphorique pendant 30 secondes. Depuis cette étude, le prétraitement acide a été intensément utilisé pour préparer le substrat dentaire pour le collage. Un conditionnement correct de l'émail produit une dissolution sélective. Le traitement à l'acide phosphorique élimine environ 10 µm de la surface de l'émail, créant une couche poreuse et augmentant l'énergie de surface et la mouillabilité.

Bien que l'adhérence à l'émail produite par le traitement à l'acide phosphorique ait été considérée comme plus forte et plus durable, les adhésifs auto-mordançant sont des méthodes alternatives pour préparer la dent aux procédures restauratrices. Ces systèmes adhésifs ont une utilisation clinique simplifiée car ils ne nécessitent pas d'attaque séparée d'acide phosphorique, de rinçage à l'eau ou d'étapes de contrôle superficiel de l'humidité. Cependant, les études évaluant les adhésifs auto-mordançant sont en désaccord concernant l'efficacité du conditionnement et de l'infiltration de monomères sur l'émail. (Shinohara et al. 2006) (Moura et al. 2009).

Une étude réalisée sur 22 molaires a pour but de déterminer l'effet de l'etching sur deux types d'émail : l'un intact, l'autre rendu rugueux à l'aide d'un papier à grains et de neuf systèmes auto-mordançant par rapport à deux acides phosphorique (l'un a 34 % et l'autre a 35 %) (Shinohara et al. 2006).

Les agents d'acide phosphorique ont changé la morphologie de l'émail pour les surfaces intactes et les surfaces rugueuses (Illustrations 1 et 2). On peut observer la dissolution des noyaux et des frontières des prismes mais le conditionnement n'est pas uniforme sur les surfaces d'émail intact (illustration 2b). Aucune différence morphologique distincte entre les concentrations d'acide phosphorique (34 % et 35 %) n'a été observée sur les surfaces d'émail traitées.

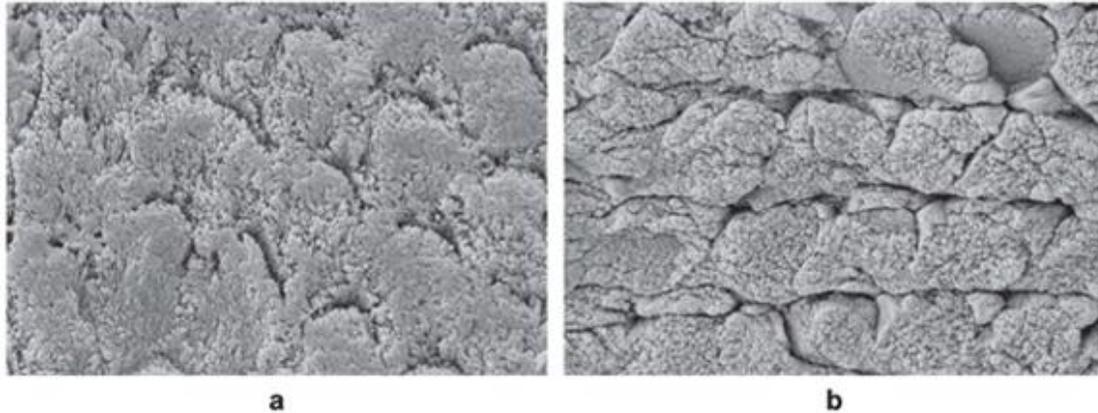


FIGURE 1- SEMs of ground (1a) and intact (1b) enamel surfaces etched with 34% phosphoric acid. Dissolution of prism core and boundaries can be observed (x10,000)

Illustration n 1 : Observation au SEM de l'émail rugueux 1a, et l'émail intact 1b traité avec 34 % d'acide phosphorique. Dissolution des noyaux de prisme peuvent être observés (x10000) (Shinohara et al. 2006)

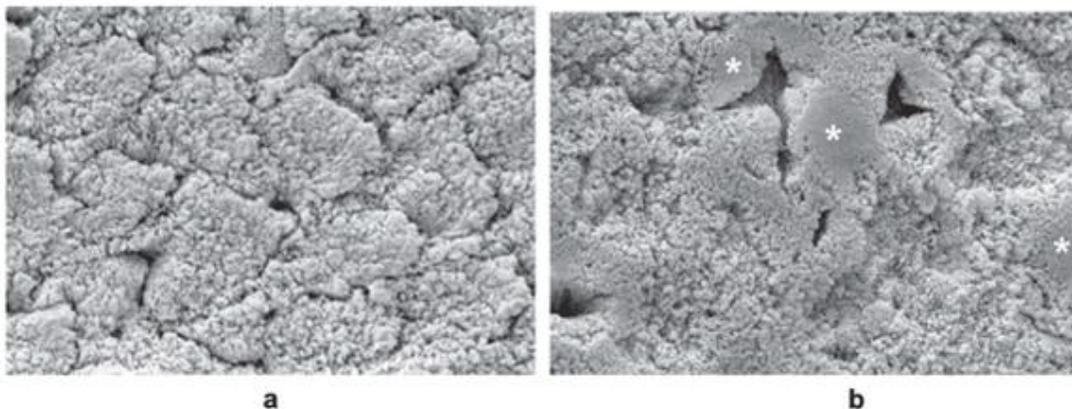


FIGURE 2- SEMs of ground (2a) and intact (2b) enamel surfaces etched with 35% phosphoric acid. Dissolution of prism core and boundaries can be observed (2a) and a non-uniform etching with aprismatic layer remnants (*) in intact surfaces (2b) (x10,000)

Illustration n 2 : Observation au SEM de l'émail rugueux 2a, et l'émail intact 2b traité avec 35 % d'acide phosphorique. Dissolution des noyaux de prisme peuvent être observés ainsi qu'un mordantage non uniforme avec des couches aprismatique restantes pour l'émail intact (x10000) (Shinohara et al. 2006)

Les systèmes auto-mordant sont des mélanges aqueux de monomères acides polymérisables et de composants de méthacrylate. Des monomères acides ont été développés contenant des esters provenant de l'acide phosphorique, de l'acide carboxylique ou des dérivés (Hayakawa et al. 1998) (Patil et al. 2011). Leur efficacité de mordantage dépend du monomère acide, du pH de la solution adhésive, du temps de mordantage et de la méthode d'application (Miyazaki et al. 1999).

Ils sont responsables du mordantage des substrats dentaires, tandis que les composants du méthacrylate, tels que l'HEMA, sont disponibles pour l'infiltration des monomères et la polymérisation de l'agent de liaison (Hannig et al. 1999). Étant donné que l'application d'adhésifs auto-mordançant comprend des procédures de liaison simplifiées, il y a eu des inquiétudes quant à la longévité de la liaison, selon certains résultats *in vitro* et *in vivo* (Reis et al. 2004).

Des études ont montré que la plupart des adhésifs auto-mordançant n'ont pas mordancé l'émail aussi profondément que les agents d'acide phosphorique et que le mordantage peu profond pourrait compromettre le collage à l'émail. Pashley et Tay (2001) ont rapporté que l'efficacité des amorces auto-mordançant dans l'émail intact ne dépend pas uniquement de leur agressivité, mais aussi de la composition monomérique de chaque matériau. Il est également possible que les faibles résistances de liaison de l'émail puissent être causées par la grande quantité de monomères acides non polymérisés restant après durcissement. Ainsi, aucune corrélation entre le degré d'agressivité de l'amorce, le mordantage de l'émail et la résistance de liaison à l'émail non relié, n'a été signalée pour les adhésifs auto-mordançant (Nagpal et al. 2011).

Bien que les agents d'acide phosphorique présentent un pH inférieur à 1, les surfaces intactes n'ont pas été totalement attaquées ou conditionnées par une attaque acide. Les valeurs de pH de tous les systèmes auto-mordançant testés étaient plus élevées que celles de l'acide phosphorique (Shinohara et al. 2006). En général, les effets de déminéralisation de ces systèmes étaient proportionnels à l'acidité des amorces acides ou des solutions adhésives auto-mordançant. Les amorces auto-mordançant étaient moins agressives que les agents d'acide phosphorique et les effets de conditionnement ont également été réduits dans des surfaces intactes.

En ce qui concerne la technique de mordantage acide, il est bien établi que l'acide phosphorique procure une bonne adhérence à l'émail intact et rugueux. Parce que l'action des amorces auto-mordançant a entraîné une déminéralisation beaucoup moins élevée des surfaces d'émail intactes, l'abrasion de l'émail lors de la préparation de la cavité peut favoriser la formation d'une surface rugueuse. Étant donné que, dans des situations cliniques, l'émail est habituellement préparé à cause des fonctions ou parafonctions dentaires (mastication, abrasion, érosion etc...) avant l'application du système adhésif, les problèmes d'efficacité des adhésifs auto-mordançant peuvent être réduits. Cependant, les effets des systèmes adhésifs auto-mordançant doivent encore être étudiés pour vérifier la durabilité du collage à l'émail.

5 Efficacité des procédures de collage en fonction de l'état de surface amélaire

5.1 Quels matériaux pour quelle surface

5.1.1 Air-abrasion/Fraises

Le traitement de surface l'émail est la technique la plus populaire pour produire une adhérence optimale entre l'émail et la résine composite. Le traitement de surface de l'émail avec de l'acide phosphorique (H_3PO_4) est une technique largement acceptée dans la dentisterie restauratrice et préventive. Pour augmenter l'adhérence entre l'émail et la résine composite, le traitement chimique de l'émail par différents agents de liaison offre une approche attrayante. Les agents de liaison récemment développés ont différents mécanismes (Sengun et al. 2008).

Alors que certains d'entre eux utilisent des acides faibles comme des amorces auto-mordançant, les autres utilisent des acides plus forts pour conditionner les surfaces amélaire. Le traitement de surface supprime les cristaux minéraux prismatiques et interprismatiques. Il augmente la zone de liaison et la rugosité de la surface. Les types d'acide, la concentration d'acide, le temps de traitement ont une importance sur la dissolution des cristaux d'hydroxyapatite. Et aussi, la quantité d'émail superficiel enlevée pendant la procédure de mordantage dépend de la qualité et de la composition chimique de la surface de l'émail.

Le collage sur la surface extérieure de l'émail est très difficile et pauvre car il présente une faible réactivité et une teneur plus élevée en fluorure qui résiste au mordantage. D'autre part, une pellicule organique recouvre l'émail et crée également une surface chimiquement complexe. L'abrasion de l'émail élimine ce biofilm organique mais n'augmente pas l'énergie de surface de l'émail car une couche de frottis est déposée. Le traitement acide enlève la surface de l'émail, élimine la couche de frottis, soulève la tension superficielle de l'émail et crée une surface à haute énergie. Certaines préparations conservatrices de surface et d'autres procédures peuvent également être utilisées pour augmenter efficacement le traitement acide. Par exemple, la rugosité de surface créée par les fraises diamantées provoque une surface accrue. Par conséquent, la rétention mécanique peut être légèrement augmentée (Sengun et al. 2008).

Une étude *in vitro* décrite par Sengun et al a pour but d'évaluer si l'altération mécanique des surfaces d'émail avec des techniques d'air abrasion et par les fraises améliorerait la performance des liaisons de deux systèmes de collage : l'un en une étape et l'autre en trois étapes. Des observations au microscope électronique à balayage ont été faites pour décrire le type de liaison.

Pour cette étude, 126 dents extraites, des incisives inférieures humaines non cariées ont été utilisées pour cette étude. Après l'extraction, les dépôts et les résidus de tissus mous ont été retirés de la surface des dents. Avant le test, les surfaces vestibulaires des dents ont été nettoyées avec de la pierre ponce pendant 20 secondes et lavées. Ensuite, les dents ont été divisées au hasard en 6 groupes de 20 dents chacun. Le restant de 6 dents a été utilisé pour l'examen SEM.

Les deux différents adhésifs sont : Clearfil SE (tout en un auto-mordant) et Solid Bond (en trois étapes avec utilisation d'acide orthophosphorique)

Système adhésif	Groupe	Traitement
Solide bond	Contrôle	Émail intact
	Air-abrasion	Alumine 50 micron
	Fraise	Fraise diamanté
SE bond	Control	Émail intact
	Air-abrasion	Alumine 50 micron
	Fraise	Fraise diamanté

Tableau 1 : Les groupes traités et le système adhésif utilisé (Sengun et al. 2008)

Après application des procédures de collage, selon les instructions du fabricant, et des résines composites, six incisives inférieures non cariées et extraites ont été sélectionnées pour l'étude au microscope électronique des interfaces résine/émail.

Chaque dent individuelle a été divisée en deux parties perpendiculaires à la surface collée pour les observations au microscope électronique. Pour étudier l'interface résine-émail, la surface de section de la première pièce de chaque dent a été polie avec du papier grille en carbure de silicium. Les interfaces polies ont été traitées pendant 30 secondes avec 10 % d'acide phosphorique, rincées pendant 30 secondes. Les échantillons ont ensuite été immergés pendant 5 minutes dans 10 % d'hypochlorure de sodium (NaOCl) rincés et séchés légèrement.

Pour les observations caractéristiques de l'ultrastructure des surfaces de résine composite liées, la deuxième partie de chaque échantillon a été décalcifiée par immersion dans 6 mol/L HCL pendant 18 heures suivie d'une immersion dans 10 % NaOCl pendant 5 minutes. Tous les spécimens ont été nettoyés dans de l'eau distillée pendant 1 minute et ont été séchés.

Adhésif	Préparation	Force de liaison (MPa)
SE bond	Contrôle	15.20±5.28A
	Air-abrasion	25.32±4.91B
	Fraise	24.28±5.74B
Solid bond	Contrôle	31.74±7.35C
	Air-abrasion	30.25±7.00C
	Fraise	29.07±3.53C

Tableau 2 : Valeurs de la force de liaison (Sengun et al. 2008)

Les valeurs des forces de liaison de Solid Bond (application d'un acide avant) étaient significativement plus élevées que les forces de liaison de SE Bond (sans prétraitement à l'acide) pour tous les types de surfaces d'émail.

Pour l'observation de l'ultrastructure des surfaces de composite/surface amélaire, la deuxième partie de l'échantillon a été décalcifiée en immergeant l'échantillon dans 6 mol/L de HCL pendant 18 heures puis immergé dans 10 % de NaOCL pendant 5 minutes.

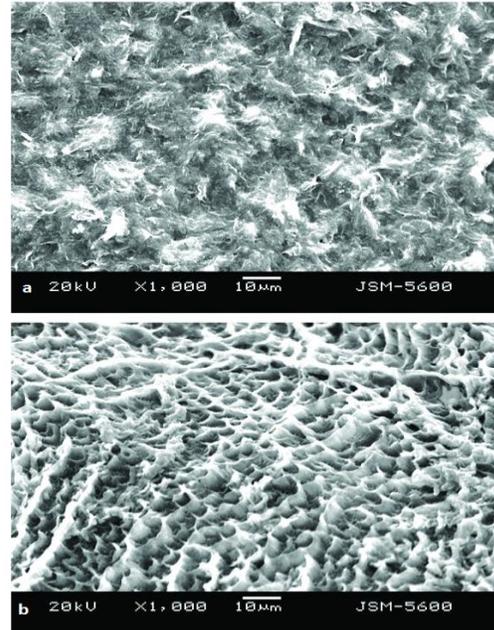
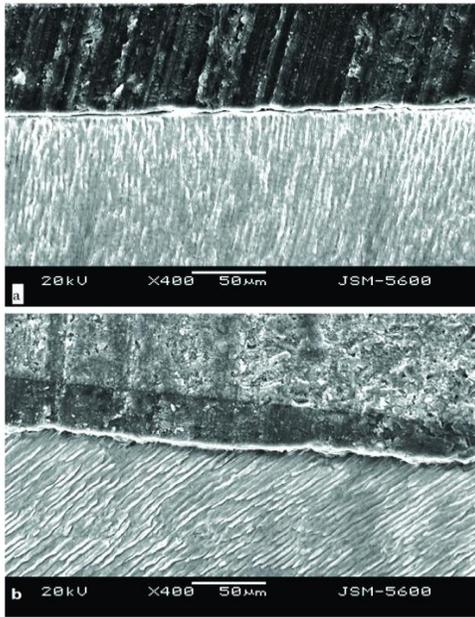


Illustration n 1 et 2 : Groupe contrôle : avant et après decalcification (qui permet l'observation de l'ultrastructure) (Illustration n 1 x400) (Illustration n 2 x1000) (Sengun et al. 2008)

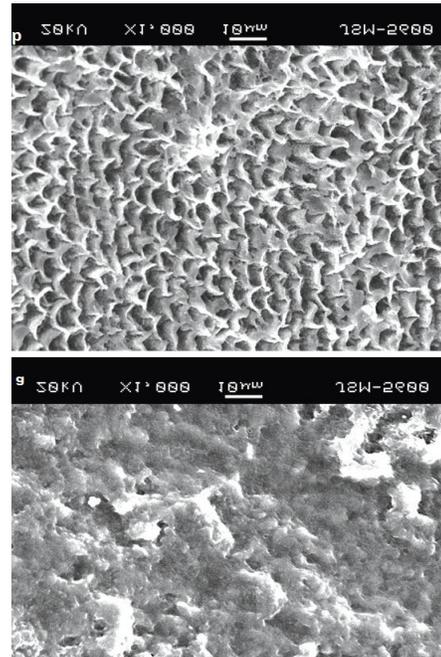
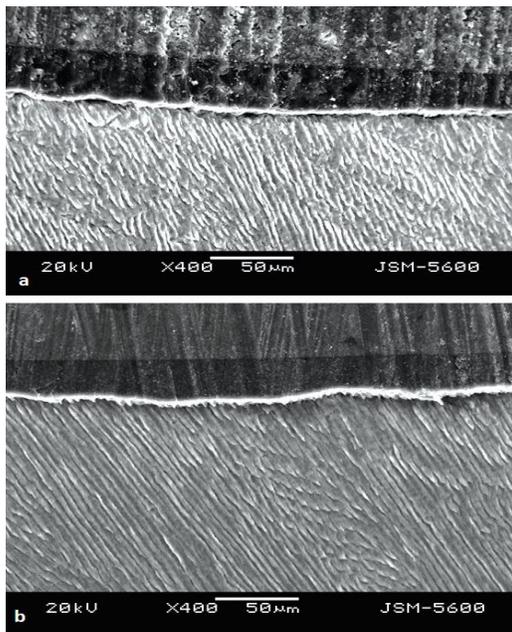


Illustration n 3 et 4 :Groupe air abrasion : avant et après decalcification. Illustration n3 (x400) illustration n 4 (x1000) (Sengun et al. 2008).

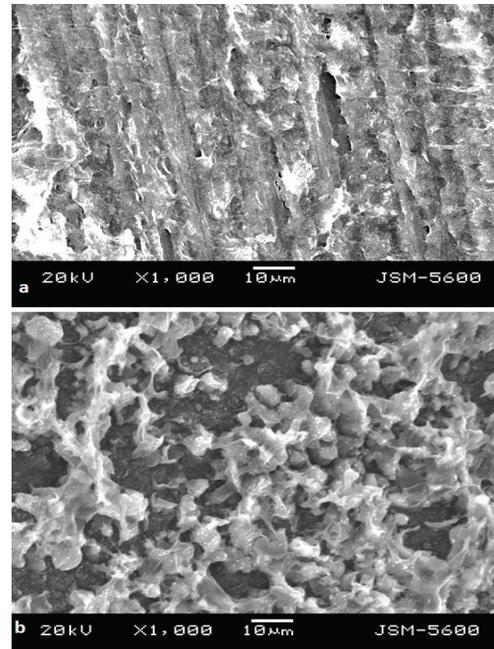
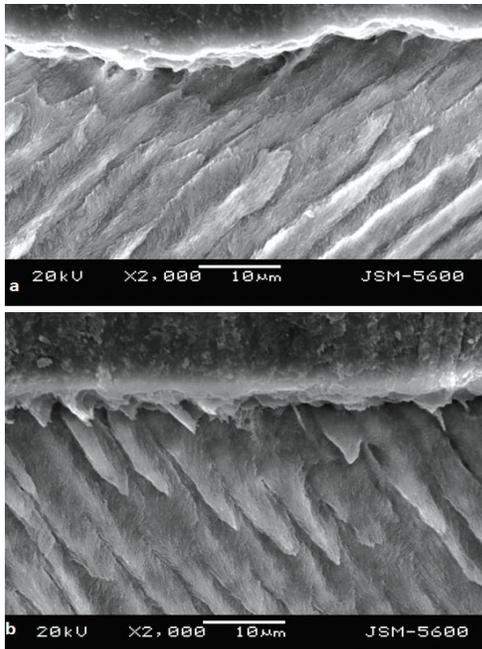


Illustration n 4 et 6: Groupe fraise : avant et après décalcification Illustration n4 (x2000) illustration n 6 (x1000) (Sengun et al. 2008).

Les observations au microscope électronique montrent que les surfaces d'émail traitées à l'air abrasion et aux fraises diamantées présentaient un aspect rugueux. Cet aspect apparaît plus uniforme dans le groupe des fraises diamantées. Dans le groupe contrôlé et de l'air abrasion, des espaces entre la surface d'émail et la résine ont été observés à la micrographie SEM avec SE Bond (illustration 1a et 3a), mais aucun écart n'a été trouvé avec Solid Bond (illustration 1b, 3b et 5b). Après décalcification des dents pour l'observation de l'ultrastructure, des surfaces d'adhésion irrégulière ont été observé sur la surface de la résine composite avec aucun Macro- Tag avec l'adhésif SE bond (2a, 4a, 6a). Mais les observations au microscope électronique de Solid bond montrent des Tag de macro-résine dans la zone inter-prismatique et des micro-Tag de résine dans les noyaux des prismes (2b, 4b, 6b).

Discussion :

Le système de liaison en trois étapes (Solid Bond) dans cette étude avait un revitalisant pour éliminer la smear layer et décalcifier l'émail superficiel. Une amorce de résine et un agent de liaison ont ensuite été utilisés pour infiltrer dans la surface de déminéralisation.

Le Clearfil SE Bond Primer modifie essentiellement la couche de frottis et favorise l'adhésion chimique au composant minéralisé de l'émail. L'augmentation de la surface résultant de l'air abrasion avec de l'oxyde d'aluminium et des fraises diamantées peut expliquer l'augmentation de la résistance de liaison avec ce système. Étant donné qu'une plus grande irrégularité de la surface était évidente sur l'air-abrasion de l'émail et l'abrasion par les fraises, par rapport au témoin (non traité), cette modification de la morphologie de la surface entraîne des forces de liaison plus élevées avec le système Clearfil SE Bond.

Dans cette étude on observe également qu'il y a moins d'espace (GAP), entre le composite et la surface dentaire, formés dans les dents traitées à l'air abrasion et aux fraises diamantées que pour les dents témoins, surtout pour les dents traitées au Solid Bond (traitement etching)

En effet l'utilisation d'un conditionneur acide avant l'application de la résine est nécessaire pour éliminer la couche de frottis créée par l'air abrasion pour obtenir une bonne liaison, car la couche de frottis (smear layer) peut empêcher la diffusion de monomères dans la structure dentaire superficielle.

Dans cette étude, après avoir appliqué un prétraitement à l'acide orthophosphorique sur les surfaces de dents témoins et les surfaces dentaires traitées à l'air abrasion, on observe des potentiels d'adhésion similaires lorsqu'on utilise un système adhésif en trois étapes. Cependant, il n'est pas nécessaire de retirer la smear layer (etching) lorsqu'on utilise un système en deux temps, grâce à l'adhésion chimique.

Retirer les couches d'émail prismatiques externes et atteindre les couches d'émail prismatique interne est très important pour obtenir une adhésion optimale.

De plus certaines techniques conservatrices d'éviction carieuse peuvent être utilisées pour augmenter l'efficacité du traitement acide. L'utilisation de fraises diamantées ou de l'air abrasion sont des techniques alternatives pour créer des micro-rétentions à la surface de l'émail, surtout lors de l'utilisation de système en deux temps (sans traitement acide).

Les observations au SEM de l'émail traité à l'air abrasion montrent que la rugosité de l'émail augmente et la surface amélaire est différente des surfaces traitées à l'acide orthophosphorique. Nikaido et al suggère que l'air abrasion affaiblit la surface de l'émail ce qui peut diminuer le potentiel d'adhésion.

Olsen et al compare la traditionnelle technique de l'etching à l'acide et l'air abrasion, leur résultat montrent que les surfaces traitées à l'air abrasion présentent des potentiels d'adhésion significativement plus bas qu'avec le traitement acide et que cette technique ne devrait pas être utilisée en technique de routine de conditionneur de l'émail (Olsen et al. 1997).

Dans cette étude, les potentiels d'adhésion sont proches les uns des autres pour les surfaces traitées à l'air abrasion et aux fraises. Cependant l'air abrasion est préférable aux fraises pour le conditionnement de l'émail car cette technique élimine les vibrations, la pression et la chaleur et le bruit associé à la technique rotative.

Pour finir, même si les potentiels d'adhésion obtenus avec Solid Bond sur les trois types de surface sont proches les uns des autres, la technique conventionnelle du traitement à l'acide des surfaces est préférable, l'adhésion en deux étapes peut être utilisé sur des surface d'émail préparée.

5.1.2 Sono et ultra-sono abrasion

Selon la littérature (Weisrock et al. 2011) l'utilisation des ultrasons devrait faciliter le collage. En effet l'absence partielle de smear layer augmente la surface de collage ce qui devrait augmenter l'adhésion. Même si l'épaisseur et la densité de la smear layer joue un rôle important dans l'adhésion, il ne faut pas oublier que l'adhésion dépendra essentiellement du type de surface obtenue mais aussi des propriétés de l'adhésif utilisé (Vieira et al. 2011).

Une étude (Lupi-Pegurier et al. 2004) décrite plus haut a pour but de déterminer la microinfiltration (microleakage) après différentes techniques de préparation pour de scellement de sillons :

- La technique après sono abrasion
- La technique classique avec une préparation de l'émail à l'acide orthophosphorique
- La technique avec une préparation de l'émail à l'aide d'une fraise fissure diamantée et acide orthophosphorique

Les résultats ont montrés qu'il n'y avait pas de différence dans la fréquence de microleakage (micro-infiltration) quand le mordantage à l'acide a été effectuée quel que soit le préparation (acide seul, fraise ou sono-abrasion associé au mordantage).

Au contraire, quand la sono-abrasion a été utilisée seule, le microleakage était significativement plus élevé, en effet les résultats les plus pauvres ont été obtenus avec une sono-abrasion seule qui a montré un plus grand nombre de spécimens avec une microfiltration (73,3%) ($p < 0,001$).

L'examen des données sur les microfiltrations a révélé une différence entre les échantillons mordancés et les non mordancés. Au contraire, aucune différence statistique significative ne peut être considérée entre les groupes mordancés, même s'il y avait une tendance pour de meilleurs résultats lorsque le mordantage était associé à la sono-abrasion. Ainsi, le mordantage du sillon dentaire avant à l'application de la résine composite sur l'émail et en particulier sur un émail traité à la sono abrasion s'est avéré avantageux et favorise l'adhésion (Lupi-Pegurier et al. 2004).

5.1.3 Laser

Le traitement dentaire au laser nécessite plus de temps par rapport à la technique rotative. Cependant, il a des mérites, qui incluent de faibles vibrations, de faibles douleurs pour la dent et cette technique est plus confortable pour le patient lors de la préparation des dents.

L'objectif de l'étude décrite dans (Takada et al. 2015) est d'examiner l'effet de divers systèmes adhésifs sur la résistance de liaison de la résine composite à l'émail préparée avec le laser Er, Cr: YSGG. L'hypothèse nulle est que les systèmes adhésifs n'auraient pas d'incidence sur la résistance de liaison de la résine composite à l'émail préparée avec le laser Er, Cr: YSGG.

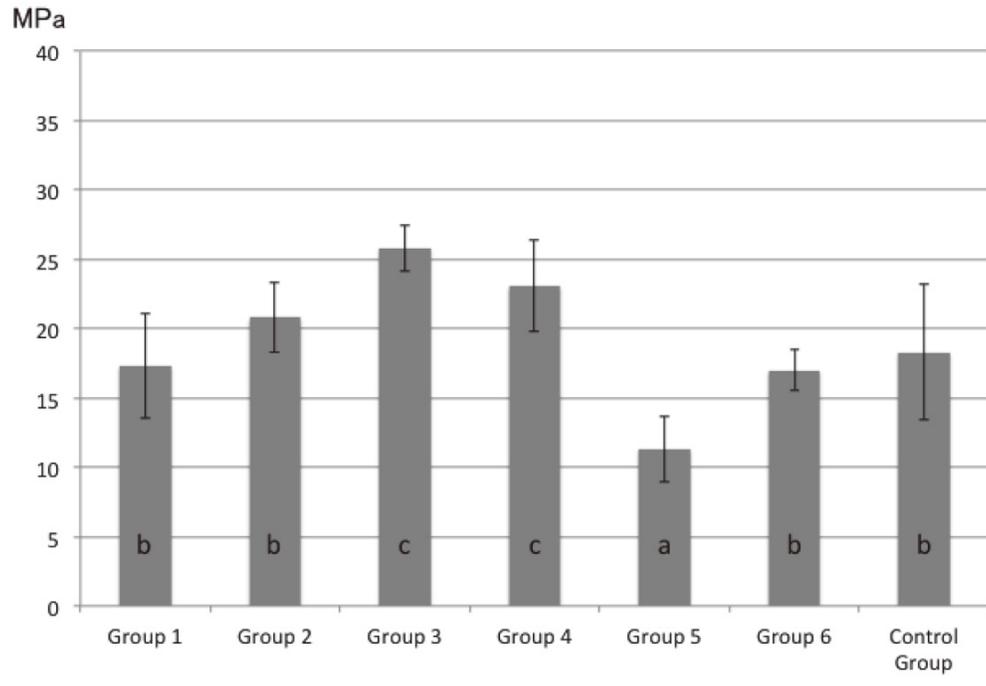
Les matériaux expérimentaux utilisés dans cette étude sont :

Un système adhésif en deux étapes (SBP(primer)/SBB(bond)) et un système adhésif en une étape (TSB) ont été utilisés comme adhésif système. Une solution d'acide phosphorique à 40% (K-Etchant Gel, Kuraray Noritake Dental) et 10% de gel d'hypochlorite de sodium (AD Gel) ont été utilisés comme agents de prétraitement. Une résine composite fluide (Clear I Majesty LV) et une résine composite universelle (Clear I Majesty) ont été utilisées comme matériau de liage.

GROUPE	TRAITEMENT	COLLAGE
Groupe 1		SBB application →Photopolymérisation (10s)
Groupe 2		SBP application (20s) →souffle d'air →SBB application → Photopolymérisation (10s)
Groupe 3		Etching (30s) →Rinçage et séchage →SBP application (20s) →souffle d'air →SBB application → Photopolymérisation (10s)
	Laser	
Groupe 4		Etching (30s) →Rinçage et séchage →AD-gel application (90s) →Rinçage et séchage →SBP application (20s) →souffle d'air →SBB application → Photopolymérisation (10s)
Groupe 5		TSB application (20s) →souffle d'air → Photopolymérisation (10s)
Groupe 6		Etching (30s) →Rinçage séchage →AD gel (90s) →Rinçage séchage →TSB application (20s) →souffle d'air → Photopolymérisation (10s)
Contrôle	Papier en carbure de silicium	SBP application (20s) →souffle d'air →SBB application → Photopolymérisation (10s)

Tableau 3 : Procédure (Takada et al. 2015)

Résultats du potentiel d'adhésion :



Graphique 1 : Force de liaison du composite à la surface d'émail traité par Laser. Les valeurs avec la même lettre indique qu'il n'y pas de différences significatives ($p > 0.05$). (Takada et al. 2015)

Les potentiels d'adhésion à l'émail sont présentés sur le graphique 1. L'analyse statistique utilisant l'ANOVA à sens unique a détecté des différences significatives entre les groupes expérimentaux et le contrôle de la liaison de l'émail. Le test HSD de Tukey a révélé que la force de liaison des Groupes 3 et 4 était significativement plus élevée que celui des autres groupes ($p < 0,05$) et celui du groupe 5 était nettement inférieur à celui des autres groupes ($p < 0,01$).

Discussion :

La présente étude a révélé comment les systèmes adhésifs expérimentaux ont affecté la résistance de liaison de la résine composite à l'émail irradié par laser. Les résultats de cette étude ont démontré que les groupes 3 et 4 ont une force de liaison moyenne significativement plus élevée par rapport aux autres groupes, y compris les témoins, et la force de liaison moyenne du groupe 5 était nettement inférieure à celle des autres groupes.

C'est-à-dire que le prétraitement utilisant l'acide phosphorique ou une combinaison à l'acide phosphorique et d'hypochlorite de sodium contribuerait à augmenter la résistance de liaison des systèmes d'auto-mordant à l'émail irradié par laser.

Pour finir lorsque seuls des adhésifs ont été utilisés, la résistance de liaison de la résine composite à l'émail irradié au laser était presque équivalente à celle de l'émail traité par l'instrumentation rotative. Le pré-conditionnement à l'aide d'acide phosphorique ou d'acide phosphorique suivi d'hypochlorite de sodium augmente la résistance de liaison de la résine composite à l'émail préparée à l'aide d'un laser Er, Cr: YSGG.

5.1.4 Amélogénèse imparfaite

Pour déterminer les différentes techniques d'adhésion au niveau de l'émail dans un cas d'amélogénèse imparfaite nous allons étudier une expérience sur des dents de souris.

Il a été montré que les système avec un prétraitement acide donne de meilleurs résultat que les système auto-mordant dans les cas d'amélogénèse imparfaite hypoplasique (amelogenin KO) et hypomature (Mmp20KO) (Pugach et al. 2011). Cependant, les échecs adhésifs ont été considérablement augmentés dans l'émail Mmp20KO. Nous avons cherché à déterminer (Pugach et al. 2011) si nous pourrions encore optimiser un système de liaison pour restaurer les dents affectées par l'AI. Afin de mieux comprendre les différences dans les résultats de la liaison, il est également essentiel d'avoir une idée des caractéristiques physiques de l'émail et de la dentine dans ces différentes mutations. La variabilité de ces tissus par rapport à la densité, au volume et à la dureté des dents affectées par l'AI par rapport aux dents de souris non affectées peut donner une idée des techniques supplémentaires qui peuvent améliorer le succès clinique dans les restaurations collées.

Pour réaliser cette expérience, des mutations génétiques ont été faites sur des souris pour qu'elles expriment un certain phénotype d'AI. Cette étude a été approuvée par l'université de Pennsylvanie (Pugach et al. 2011). Ainsi trois génotypes sont isolés : génotype AmelxKO, Mmp20KO et de type sauvage (WT).

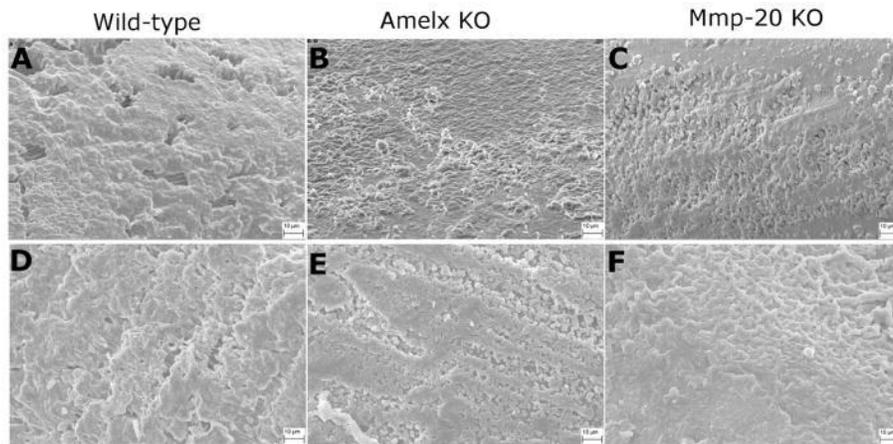
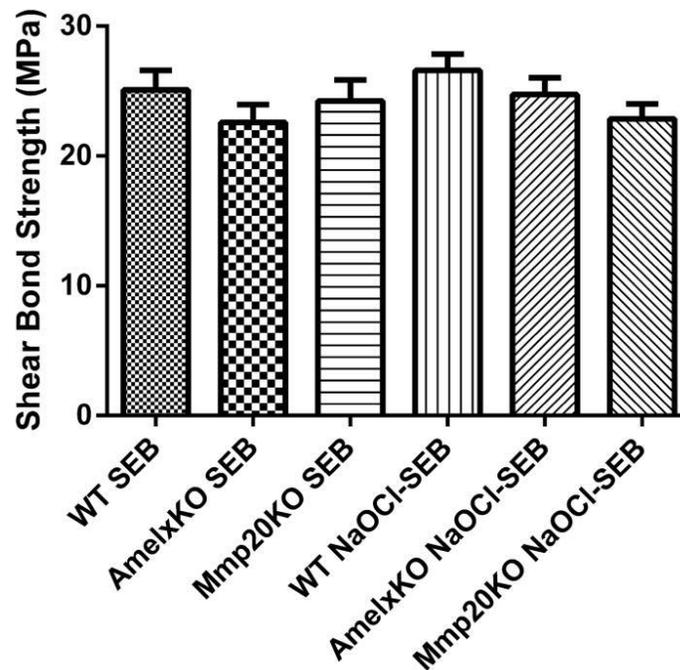


Illustration n 7 : A-C : émail traité par le primer, D-F émail traité préalablement par NaOCl avant le primer.(x2000) (Pugach et al. 2011)

Les deux images SEM de l'émail WT (avec et sans application NaOCl) ont indiqué qu'il existait une couche d'émail imprégnée d'amorces contenant probablement la couche de frottis couvrant les tiges d'émail mordancés (illustration 7A et 7D). Le traitement de l'émail AmelxKO avec NaOCl avant le traitement SEP(self-etching primer) a semblé modifier de manière significative la surface de l'incisive, car l'image SEM de NaOCl plus SEP présentait une couche globulaire de matrice qui n'était visible que dans l'image SEM AmelxKO (illustration 7B et 7E). Lorsque l'émail Mmp20KO a été traité avec NaOCl avant le traitement SEP, la surface de l'incisive semblait légèrement modifiée par rapport au traitement SEP uniquement (illustration 7C et 7F). Pour l'émail incisif AmelxKO et Mmp20KO, il était difficile d'observer s'il existait des couches d'émail imprégnées d'amorces contenant une couche de frottis sur les surfaces d'émail (illustration 7B, 7C, 7E, 7F) à partir des images SEM de SEP uniquement et NaOCl plus SEP.



Graphique 2: Force de liaison en MPa de SEB (self etching bond) vs force de liaison de SEB avec NaOCl. Pas de différence significative ($p=0.338$, NS) (Pugach et al. 2011)

Le traitement de l'émail avec NaOCl (Venezie et al. 1994) avant le collage avec le système SEB (self-etching bond) n'a pas amélioré de manière significative la résistance à la liaison par cisaillement ($p = 0,338$, NS), bien que le SBS (shear bond strength :force de liaison) ait été légèrement augmenté pour WT et légèrement diminué pour AmelxKO et Mmp20KO (illustration 7). La déprotéinisation de l'émail hypoplasique AmelxKO et Mmp20KO a semblé diminuer davantage l'émail disponible pour le collage.

Discussion :

Les recherches précédentes ont montré que les procédés d'adhésion traditionnels éliminent des quantités significatives d'émail dans ces dents de souris affectées par l'AI et que les adhésifs auto-mordant se sont mieux comportés en ce qui concerne la résistance au cisaillement. Les conclusions ont suggéré que l'application d'agents de traitement plus légers plutôt que de le traitement agressive traditionnelle (etching) à ces deux types de surfaces d'émail affectées par l'AI améliorerait la liaison dans des situations cliniques.

Nous avons donc utilisé uniquement le système de collage auto-mordant pour cette étude. Comme il y a un certain décalage dans la littérature sur l'effet clinique de la déprotéinisation avant le collage sur ces dents (Şaroğlu et al. 2006), nous avons voulu répondre au dilemme avec les modèles animaux. Bien que la déprotéinisation avec NaOCl avant le collage de l'émail WT a légèrement augmenté le SBS (force de liaison), elle n'a pas amélioré de manière significative le SBS chez les souris AmelxKO et Mmp20KO mutantes. Comme le traitement des surfaces d'émail avec NaOCl n'a pas amélioré le SBS de l'émail dans ces mutants de type AI, la déprotéinisation de l'émail peut ne pas être une méthode efficace pour améliorer les performances de liaison.

5.1.5 Lésions cervicales d'usure

Depuis de nombreuses années, la profession dentaire a vivement préconisé une forte adhérence du composite au substrat dentaire, dans le but de réduire la micro-infiltration et de fournir ainsi une liaison solide et stable dans l'environnement oral. Cependant, le collage est traditionnellement réalisé grâce à une procédure à plusieurs étapes, de sorte que la réussite des systèmes adhésifs est fortement influencée par plusieurs facteurs sensibles à la technique et au matériel.

Les adhésifs en une seule étape, qui combine les fonctions d'un primer et d'un adhésif, ont été développés. L'adhésif est appliqué sur la surface dentaire avant l'application du composite pour assurer une adhésion maximum par les mécanismes suivants : améliorer la pénétration des monomères dans le substrat dentaire et augmenter la surface de mouillabilité.

Les adhésifs en une seule étape simplifient les procédures cliniques, car il n'y a pas d'utilisation préalable d'acide, cependant il faut être prudent lors de son utilisation afin d'obtenir une adhésion optimale. En plus de son avantage dans la simplification des procédures cliniques, ces adhésifs ne nécessitent pas le retrait de la smear layer, de cette manière, le potentiel de sensibilité post-opératoire est réduit. Cependant, les adhésifs en une seule étape présentent une acidité faible avec des pH situés entre 1.5 et 2.8. Cette faible acidité entraîne des questions concernant la capacité de l'adhésif à pénétrer dans la surface dentaire et avoir une restauration optimale (Kurokawa et al. 2007).

Une étude décrite dans l'article (Kurokawa et al. 2007) a pour but d'évaluer la performance de cinq adhésifs en une étape, sur 98 dents avec des lésions cervicales non carieuses, sur un an.

Le critère d'inclusion des patients est la présence de lésions cervicales non carieuses, absence de complications médicales sévères, de xérostomie et de parodontite chronique.

Les cavités de toutes les lésions cervicales non carieuses ont été rendues rugueuses de manière superficielle avec une fraise diamanté sans anesthésie locale. Les adhésifs et les composites ont été appliqués selon les indications du fabricant.

Les résultats ont montré qu'aucune carie secondaire n'a été trouvée. La teinte, la forme anatomique, la rugosité ont été classés comme excellent pour toutes les restaurations. Les analyses statistiques révèlent aucune différence significative quant à l'utilisation des différents systèmes adhésifs.

Concernant l'adaptation marginale, 42,9-66,7 % des restaurations ont montré des crevasses légères le long de l'interface marginale de la paroi incisale, bien qu'il n'y ait pas de différences significatives dans ce facteur parmi le système adhésif utilisé.

Une autre étude décrite dans (Qin et al. 2014) a pour but de comparer les résultats cliniques des adhésifs auto-mordant (SE) avec ou sans mordantage sélectif de l'émail dans les LCU.

Les résultats ont démontré que moins de défauts marginaux ($P = 0,0001$) et de décoloration ($P = 0,008$) ont été observés avec l'approche sélective du mordantage de l'émail. Les valeurs du ratio de risque (RR) du groupe de mordantage sélectif et du groupe sans mordantage pour défauts et décolorations marginales étaient respectivement de 0,58 (0,44, 0,77) et 0,48 (0,28, 0,83). Pour la rétention de la restauration, les différences entre les deux groupes n'étaient pas significatives ($P = 0,44$). Les valeurs RR du groupe de mordantage sélectif et du groupe sans mordantage pour rétention de restauration étaient de 1,01 (0,98, 1,04) et 1,02 (0,96, 1,08). Le mordantage préalable de l'émail a entraîné moins de défauts marginaux et de décoloration marginale, par rapport à l'utilisation d'un adhésif auto-mordant seul. Pour la rétention de restauration, les différences entre les deux groupes n'étaient pas significatives. Des suivis supplémentaires plus longs et des enquêtes à grande échelle devraient évaluer les avantages possibles de la gravure sélective contre l'émail dans LCU.

Discussion :

En général les adhésifs en une étape présentent une force de liaison inférieure par rapport aux adhésifs en deux étapes (Toledano et al. 2006). En terme d'adhésion à l'émail et à la dentine, les précédents reports montrent que les adhésifs en une étape ont abouti à des résultats similaires. Dans cette étude, l'adhésion à l'émail apparaît satisfaisant, si la force de liaison était insuffisante, on s'attendrait à ce que plus de restaurations montrent des colorations au niveau marginal. Cependant, cela ne s'est pas produit et n'a donc pas posé de problème clinique.

Les résultats de l'étude en cours indiquent que la majorité des systèmes adhésifs évalués ont montré une excellente performance tout au long de l'année de service clinique, selon laquelle la répartition pour tous les critères évalués se situait dans la plage acceptable.

5.2 Conséquences cliniques/Discussion

On a observé en fonction des différentes études présentées ci-dessus que plusieurs états de surface amélaire étaient répertoriés en fonction du curetage et des prétraitements de surface.

En effet, lors de traitement à l'air abrasion on a observé un aspect ondulé à la surface de l'émail, au niveau de l'ultrastructure on a observé que les noyaux des prismes d'émail étaient relativement intacts.

Les groupes traités par les fraises diamantées montraient des surfaces d'émail irrégulières au niveau de l'ultrastructure on observait des formations de TAG au niveau des noyaux et des zones interprismatiques.

Plusieurs études (Majori et al. 2005) (Kasraei et al. 2016) ont examiné le potentiel d'adhésion du composite à une surface d'émail traitée au laser Er:YAG. En raison de la production de TAG d'émail par le traitement laser, les étapes d'etching et de rinçage pourraient être mises de côté. Cependant, d'autres études ont rapportées que l'etching à l'acide orthophosphorique augmentait le potentiel d'adhésion et la force d'adhésion du composite sur une surface amélaire traitée au Laser Er:YAG. D'autre part les TAG d'émail produit par le laser sont utiles pour l'adhésion à l'émail car ils facilitent la rétention mécanique.

Récemment, les systèmes adhésifs à une ou deux étapes sont largement utilisés dans les cliniques. Kameyama et al (Kameyama et al. 2002) ont comparé les forces de liaison de quatre types de systèmes adhésifs à l'émail préparé avec le laser Er: YAG. Aucune différence significative entre la résistance de liaison du type à une étape et celle du type à deux étapes a été observée ainsi que entre la résistance de liaison à l'émail irradié par laser et celle à l'émail non irradié sur tout système adhésif. Ainsi, les opinions sur l'effet d'un système adhésif sur la résistance de liaison de la résine composite à l'émail irradié par laser varient considérablement et aucun consensus n'a été atteint.

Les observations SEM de l'émail, traité à la sono abrasion et mordancé à l'acide, ont révélé des surfaces propres et régulières. Les études ont révélé que lorsque la sono abrasion était utilisée seule, de nombreuses micro-infiltrations ont été retrouvées au niveau des restaurations composites. Ainsi un mordantage préalable à l'acide améliorerait de manière considérable l'étanchéité des restaurations et réduirait le phénomène de microleakage. De nouvelles enquêtes, telles que études sur la résistance au cisaillement, sont nécessaires pour évaluer l'amélioration éventuelle de la qualité d'adhérence lors de l'utilisation de sono-abrasion et du mordantage.

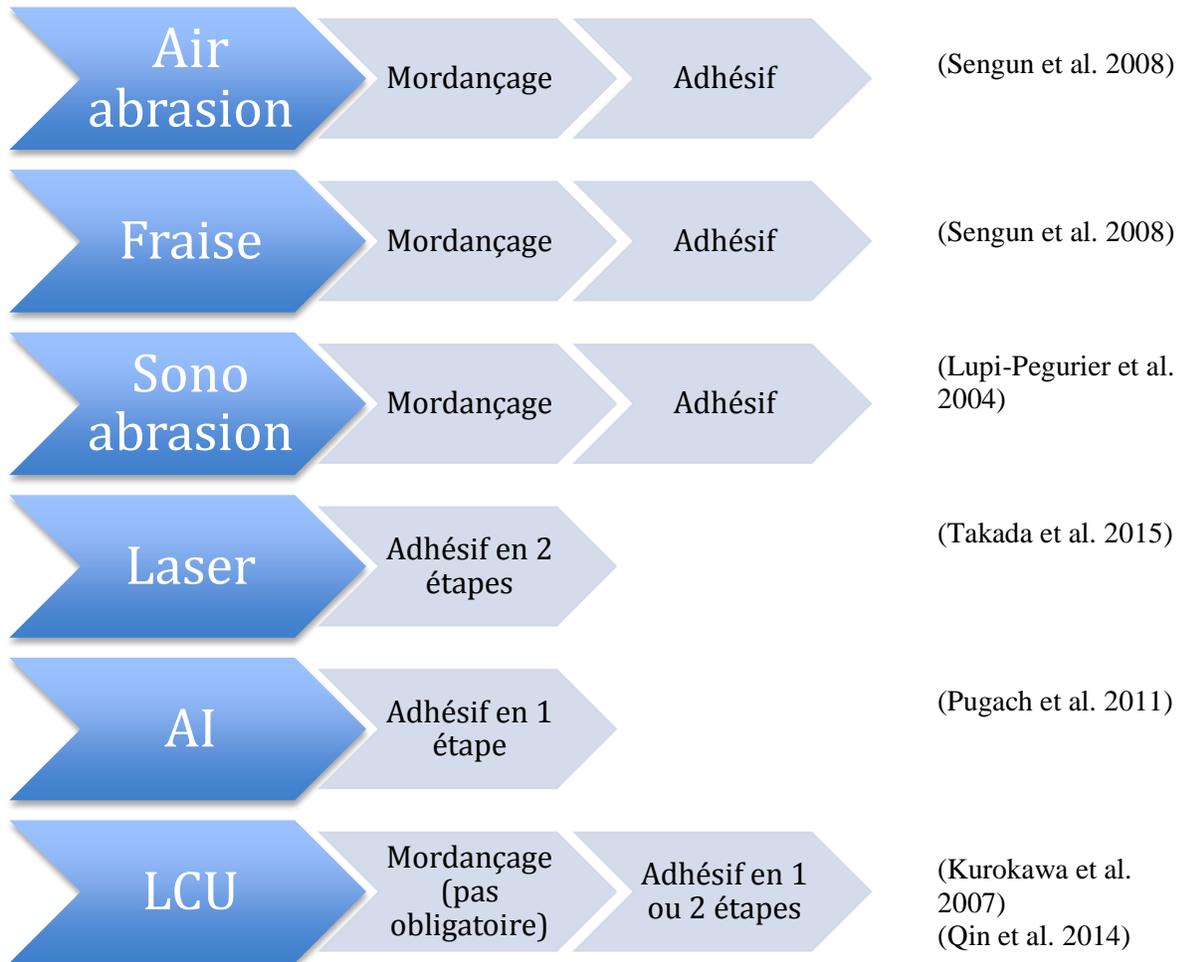
Concernant les états de surface des anomalies d'émail (amélogénèse), les observations montrent clairement des différences au niveau du phénotype de l'émail mais aussi de l'ultrastructure, les études ont montrées des différences au niveau des techniques d'adhésion. Les recherches précédentes (Pugach et al. 2011) ont montré que les procédés d'adhésion traditionnels éliminent des quantités significatives d'émail dans ces dents de souris affectées par l'AI et que les adhésifs auto-mordant se sont mieux comportés en ce qui concerne la résistance au cisaillement. Les conclusions ont suggéré que l'application d'agents de traitement plus légers plutôt que de le traitement agressive traditionnelle (etching) à ces deux types de surfaces d'émail affectées par l'AI (voir étude plus haut) améliorerait la liaison dans des situations cliniques. Il a donc été utilisé uniquement le système de collage auto-mordant pour cette étude.

L'ultrastructure de l'émail des LCU a été confirmée par les travaux de Meurman et Frank. Les tubulis exposés ainsi que l'émail érodé sont dus aux phénomènes d'érosion. Les aspects de cratères sont dus aux phénomènes d'abfraction.

Les aspects de rayures horizontales sont dus aux phénomènes d'abrasion. Il est possible que des sillons horizontaux et verticaux soient le résultat d'une abrasion unidirectionnelle prolongée ou d'une combinaison d'abrasion et d'érosion, ce qui se traduit par un effet synergique. Ces sillons sont caractéristiques des lésions en forme de coin, Bevenius et al ont en fourni une description (Bevenius et al. 1993).

L'adhésif auto-mordant en 2 étapes a montré une bonne performance clinique dans les lésions cervicales non carieuses. Le mordantage chimique sélectif des marges des cavités de l'émail avant l'application d'un adhésif auto-mordant (Qin et al. 2014) 2 étapes n'a qu'un effet positif mineur sur l'intégrité marginale et l'absence de décoloration marginale. La présence de caries est rarement observée dans des restaurations composites directes placées dans des lésions cervicales non carieuse (Peumans et al. 2015).

5.3 Choix de l'adhésif



CONCLUSION

L'étude des états de surface, en fonction des différentes techniques d'éviction carieuse, a révélé des états de surface amélaire différents. On pourrait penser que des états de surface différents entraîneraient des procédures de collage non identiques selon la technique d'éviction. Les études ont révélé que le protocole de collage était identique selon les techniques invasives et peu invasives de curetage, les résultats convergent tous vers l'utilisation du mordantage à l'acide orthophosphorique pour améliorer le potentiel d'adhésion. Néanmoins, des techniques comme le laser entraîne un état de surface similaire à un émail mordancé, ainsi l'étape de mordantage pourrait être mise de côté au profit d'un protocole en deux étapes plus simple (SAM).

Les lésions cervicales d'usure constituent un groupe de lésions qui entraînent une perte de substance amélaire d'origine multifactoriel, ces lésions entraînent un état de surface différent selon l'origine de l'usure. La littérature ainsi que d'autres études nous ont permis de décrire les états de surface de ces lésions de l'émail. Les résultats ont montré que pour les lésions cervicales d'usure, le mordantage à l'acide n'était pas indispensable pour le potentiel d'adhésion, en effet les potentiels d'adhésion étaient identiques selon le système adhésif. Cependant le mordantage serait préférable pour le joint émail/composite et donc l'adaptation marginale.

L'amélogenèse imparfaite (AI) constitue un groupe d'anomalies du développement affectant la structure et l'apparence clinique de l'émail de toutes ou de quasiment toutes les dents, de façon plus ou moins identique. L'état de surface amélaire qui en résulte entraîne une diminution de l'épaisseur de l'émail, une porosité accrue et une structure anormale des prismes. Les études concernant l'adhésion au niveau de ces surfaces ont révélées qu'il était préférable d'utiliser des adhésifs auto-mordant en 1 ou 2 étapes, les procédés d'adhésion traditionnels éliminent des quantités significatives d'émail. Les conclusions ont suggéré que l'application d'agents de traitement plus légers plutôt que de le traitement agressive traditionnelle (etching) aux surfaces d'émail affectées par l'AI améliorerait la liaison dans les situations cliniques.

Pour conclure, l'état de surface amélaire conditionne le protocole de collage, mais en règle générale le même schéma se reproduit : mordantage et application de l'adhésif, cependant dans certaines lésions de l'émail, qui entraînent des pertes considérables de tissus, le traitement acide peut se révéler agressif, ainsi on préférera l'utilisation d'agent mordant plus doux qui d'après les études ont donnés de bon résultats sur le potentiel d'adhésion.

BIBLIOGRAPHIE :

- Abdalla R, Mitchell RJ, Ren Y fang. Non-cariou cervical lesions imaged by focus variation microscopy. *Journal of Dentistry*. 2017;63(Supplement C):14- 20.
- Akasapu A, Hegde U, Murthy PS. Enamel surface morphology: An ultrastructural comparative study of anterior and posterior permanent teeth. *Journal of Microscopy and Ultrastructure* [Internet]. 2017 [cité 27 sept 2017]; Disponible sur: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213879X17300068>
- Alachioti XS, Dimopoulou E, Vlasakidou A, Athanasiou AE. Amelogenesis imperfecta and anterior open bite: Etiological, classification, clinical and management interrelationships. *Journal of Orthodontic Science*. 2014;3(1):1- 6.
- Alina Monica P, Emmanuel D, Cyrielle B, Antonela B, Alexandra C, Dan D. Erosion dentaire d'origine intrinsèque. *Revue d'odonto-stomatologie*. 2014;43(1):56- 70.
- Badet C, Richard B. Étude clinique de la carie. *Encyclopédie-Médico-Chirurgicale - Dentisterie*. 2004;1(1):40- 8.
- Bevenius J, L'Estrange P, Karlsson S, Carlsson GE. Idiopathic cervical lesions: in vivo investigation by oral microendoscopy and scanning electron microscopy. A pilot study. *Journal of oral rehabilitation*. 1993;20(1):1-9.
- Boyde A. The development of enamel structure. *Proceedings of the Royal Society of Medicine*. 1967;60(9):923- 8.
- Buxeraud J. Prévention de la carie dentaire. *Actualités Pharmaceutiques*. 2017;56(568):51- 4.
- Chafaie A. Les amélogénèses imparfaites. *Clinic*. 2010;31:512- 6.
- Coley-Smith A, Brown CJ. Case report: radical management of an adolescent with amelogenesis imperfecta. *Dental Update*. 1996;23(10):434- 5.
- Couderc G, Terrer E, Ortet S, Charton C, Aubut V, Panayotov I, et al. La sono-abrasion en odontologie restauratrice. *L'information dentaire* [Internet]. 2011 [cité 25 sept 2017];31. Disponible sur: http://cms.kometdental.de/fileadmin/user_upload/presse/Revue_de_Presse/Septembre_2011/Quiz_ID_Sono_Abrasion.pdf
- De Moor RJG, Delmé KIM. Laser-assisted cavity preparation and adhesion to erbium-lased tooth structure: part 1. Laser-assisted cavity preparation. *The Journal of Adhesive Dentistry*. 2009;11(6):427- 38.
- Decup F, Lasfargues J. Préparations et restaurations adhésives a minima. Apport des techniques sono-abrasives. *Réalités Cliniques*. 2012;23(3):12.
- Degrange M. Systèmes adhésifs automordançants: une mode ou la voie du futur? *Le journal dentaire du Québec*. 2005;42:63- 73.
- Eccles JD. Dental erosion of nonindustrial origin. A clinical survey and classification. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1979;42(6):649-653.
- Ericson D. What is minimally invasive dentistry? *Oral Health & Preventive Dentistry*. 2004;2 Suppl 1:287- 92.
- Ernst C-P, Cohnen U, Stender E, Willershausen B. In vitro retentive strength of zirconium oxide ceramic crowns using different luting agents. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2005;93(6):551- 8.
- Gagnot G. *Les ultrasons en odontologie: Applications thérapeutiques*. Rueil-Malmaison: CDP; 2008.

- Gisler V, Enkling N, Zix J, Kim K, Kellerhoff N-M, Mericske-Stern R. A multidisciplinary approach to the functional and esthetic rehabilitation of amelogenesis imperfecta and open bite deformity: a case report. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2010;22(5):282-93.
- Goracci C, Bertelli E, Ferrari M. Bonding to worn or fractured incisal edges: shear bond strength of new adhesive systems. *Quintessence International*. 2004;35(1):21-7.
- Grippio JO. Noncarious cervical lesions: the decision to ignore or restore. *Journal of Esthetic Dentistry*. 1992;4 Suppl:55-64.
- Hannig M, Reinhardt KJ, Bott B. Self-etching primer vs phosphoric acid: an alternative concept for composite-to-enamel bonding. *Operative Dentistry*. 1999;24(3):172-80.
- Hayakawa T, Kikutake K, Nemoto K. Influence of self-etching primer treatment on the adhesion of resin composite to polished dentin and enamel. *Dental Materials*. 1998;14(2):99-105.
- Hoppenreijts TJ, Voorsmit RA, Freihofer HP. Open bite deformity in amelogenesis imperfecta. Part 1: An analysis of contributory factors and implications for treatment. *Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery*. 1998;26(4):260-6.
- Id-Oumohmed H. Ph salivaire et lésions d'usure [Thèse d'exercice: Chirurgie dentaire]. [Paris]: Université Paris Diderot- Paris 7. UFR d'Odontologie; 2016.
- Inoue S, Vargas MA, Abe Y, Yoshida Y, Lambrechts P, Vanherle G, et al. Microtensile bond strength of eleven contemporary adhesives to enamel. *American Journal of Dentistry*. 2003;16(5):329-34.
- Iwasaki K, Bajenova E, Somogyi-Ganss E, Miller M, Nguyen V, Nourkeyhani H, et al. Amelotin—a novel secreted, ameloblast-specific protein. *Journal of dental research*. 2005;84(12):1127–1132.
- Johnson King O, Milly H, Boyes V, Austin R, Festy F, Banerjee A. The effect of air-abrasion on the susceptibility of sound enamel to acid challenge. *Journal of Dentistry*. 2016;46:36-41.
- Kameyama A, Kawada E, Amagai T, Takizawa M, Oda Y, Hirai Y. Effect of HEMA on bonding of Er:YAG laser-irradiated bovine dentine and 4-META/MMA-TBB resin. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2002;29(8):749-55.
- Kasraei S, Yarmohammadi E, Ghazizadeh MV. Microshear Bond Strength of OptiBond All-in-One Self-adhesive Agent to Er:YAG Laser Treated Enamel After Thermocycling and Water Storage. *Journal of Lasers in Medical Sciences*. 2016;7(3):152-8.
- Keles A, Pamukcu B, Işık F, Gemalmaz D, Güzel MZ. Improving quality of life with a team approach: a case report. *The International Journal of Adult Orthodontics and Orthognathic Surgery*. 2001;16(4):293-9.
- Kerby RE, Knobloch LA, Clelland N, Lilley H, Seghi R. Microtensile bond strengths of one-step and self-etching adhesive systems. *Operative Dentistry*. 2005;30(2):195-200.
- Ko M-J, Cho C-M, Jeong S-N. Characteristics of the molar surface after removal of cervical enamel projections: comparison of three different rotating instruments. *Journal of Periodontal & Implant Science*. 2016;46(2):107.
- Kurokawa H, Miyazaki M, Takamizawa T, Rikuta A, Tsubota K, Uekusa S. One-year clinical evaluation of five single-step self-etch adhesive systems in non-carious cervical lesions. *Dental Materials Journal*. 2007;26(1):14-20.
- Larsen MJ, Pearce EIF. Saturation of human saliva with respect to calcium salts. *Archives of Oral Biology*. 2003;48(4):317-22.

- Lasfargues J, Colon P. Abrasion, érosion, attrition. In: *Odontologie conservatrice et restauratrice*. Rueil-Malmaison: Editions CdP; 2010. p. 221-53.
- Lata S, Varghese NO, Varughese JM. Remineralization potential of fluoride and amorphous calcium phosphate-casein phospho peptide on enamel lesions: An in vitro comparative evaluation. *Journal of conservative dentistry: JCD*. 2010;13(1):42-6.
- Lee WC, Eakle WS. Stress-induced cervical lesions: review of advances in the past 10 years. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 1996;75(5):487-94.
- Lupi-Pegurier L, Muller-Bolla M, Bertrand MF, Ferrua G, Bolla M. Effect of sono-abrasion in the microleakage of a pit and fissure sealant. *Oral Health & Preventive Dentistry*. 2004;2(1):19-26.
- Lussi A, Jaeggi T, Collectif, Liger F, Perelmuter S. *L'érosion dentaire : Diagnostic, évaluation du risque, prévention, traitement*. Paris: Quintessence International; 2012.
- Majori M, Manzon L, Pane S, Bedini R. Effects of Nd: YAG laser on dental enamel. *Journal of applied biomaterials and biomechanics*. 2005;3(2):128-133.
- Michael J., Townsend G., Greenwood L., Kaidonis J. Abfraction: separating fact from fiction. *Australian Dental Journal*. 2009;54(1):2-8.
- Michael JA, Kaidonis JA, Townsend GC. Non-carious cervical lesions: a scanning electron microscopic study. *Australian Dental Journal*. 2010;55(2):138-42.
- Miyazaki M, Hirohata N, Takagaki K, Onose H, Moore BK. Influence of self-etching primer drying time on enamel bond strength of resin composites. *Journal of Dentistry*. 1999;27(3):203-7.
- Moura SK, Reis A, Pelizzaro A, Dal-Bianco K, Loguercio AD, Arana-Chavez VE, et al. Bond strength and morphology of enamel using self-etching adhesive systems with different acidities. *Journal of Applied Oral Science*. 2009;17(4):315-25.
- Nagpal R, Manuja N, Tyagi SP, Singh UP. In vitro bonding effectiveness of self-etch adhesives with different application techniques: A microleakage and scanning electron microscopic study. *Journal of Conservative Dentistry : JCD*. 2011;14(3):258-63.
- Nakabayashi N, Takarada K. Effect of HEMA on bonding to dentin. *Dental Materials*. 1992;8(2):125-130.
- Neuhaus KW, Ciucchi P, Donnet M, Lussi A. Removal of enamel caries with an air abrasion powder. *Operative Dentistry*. 2010;35(5):538-46.
- Olsen ME, Bishara SE, Damon P, Jakobsen JR. Comparison of shear bond strength and surface structure between conventional acid etching and air-abrasion of human enamel. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1997;112(5):502-6.
- O'Mullane DM, Baez RJ, Jones S, Lennon MA, Petersen PE, Rugg-Gunn AJ, et al. Fluoride and Oral Health. *Community Dental Health*. 2016;33(2):69-99.
- Pashley DH, Tay FR. Aggressiveness of contemporary self-etching adhesives: Part II: etching effects on unground enamel. *Dental Materials*. 2001;17(5):430-444.
- Patil D, Singbal KP, Kamat S. Comparative evaluation of the enamel bond strength of 'etch-and-rinse' and 'all-in-one' bonding agents on cut and uncut enamel surfaces. *Journal of Conservative Dentistry : JCD*. 2011;14(2):147-50.
- Peumans M, De Munck J, Van Landuyt K, Van Meerbeek B. Thirteen-year randomized controlled clinical trial of a two-step self-etch adhesive in non-carious cervical lesions. *Dental Materials*. 2015;31(3):308-14.

- Pugach MK, Ozer F, Li Y, Sheth K, Beasley R, Resnick A, et al. The Use of Mouse Models to Investigate Shear Bond Strength in Amelogenesis Imperfecta. *Journal of Dental Research*. 2011;90(11):1352-7.
- Pulgar Encinas R, García-Espona I, Navajas Rodriguez de Mondelo JM. Amelogenesis imperfecta: diagnosis and resolution of a case with hypoplasia and hypocalcification of enamel, dental agenesis, and skeletal open bite. *Quintessence International*. 2001;32(3):183-9.
- Qin W, Lei L, Huang Q-T, Wang L, Lin Z-M. Clinical effectiveness of self-etching adhesives with or without selective enamel etching in noncarious cervical lesions: A systematic review. *Journal of Dental Sciences*. 2014;9(4):303-12.
- Reis AF, Arrais CAG, Novaes PD, Carvalho RM, De Goes MF, Giannini M. Ultramorphological analysis of resin-dentin interfaces produced with water-based single-step and two-step adhesives: nanoleakage expression. *Journal of Biomedical Materials Research Part B, Applied Biomaterials*. 2004;71(1):90-8.
- Reynolds EC, Cai F, Cochrane NJ, Shen P, Walker GD, Morgan MV, et al. Fluoride and casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate. *Journal of Dental Research*. 2008;87(4):344-8.
- Rošin-Grget K, Peroš K, Sutej I, Bašić K. The cariostatic mechanisms of fluoride. *Acta Medica Academica*. 2013;42(2):179-88.
- Sanhadji El Haddar Y, Cetik S, Bahrami B, Atash R. A Comparative Study of Microleakage on Dental Surfaces Bonded with Three Self-Etch Adhesive Systems Treated with the Er:YAG Laser and Bur. *BioMed Research International* [Internet]. 2016 [cité 2 oct 2017];2016. Disponible sur: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4933862/>
- Şaroğlu I, Aras Ş, Öztaş D. Effect of deproteinization on composite bond strength in hypocalcified amelogenesis imperfecta. *Oral Diseases*. 2006;12(3):305-8.
- Séguier S, Le May O. Histopathologie de la lésion carieuse de l'émail et de la dentine. *Encyclopédie Médico-Chirurgicale - Odontologie*. 2002;[23-010-C-10].
- Sengun A, Orucoglu H, Ipekdal I, Ozer F. Adhesion of two bonding systems to air-abraded or bur-abraded human enamel surfaces. *European Journal of Dentistry*. 2008;2(3):167-175.
- Shinohara MS, de Oliveira MT, Hipólito VD, Giannini M, de Goes MF. SEM analysis of the acid-etched enamel patterns promoted by acidic monomers and phosphoric acids. *Journal of Applied Oral Science*. 2006;14(6):427-35.
- Takada M, Shinkai K, Kato C, Suzuki M. Bond strength of composite resin to enamel and dentin prepared with Er,Cr:YSGG laser. *Dental Materials Journal*. 2015;34(6):863-71.
- Tassery H, Victor J-L, Coudert G, Brouillet J-L, Koubi S. Dentisterie restauratrice a minima. *Encyclopédie Médico-Chirurgicale - Médecine buccale* [Internet]. 2008 [cité 7 nov 2017];[28-644-C-10]. Disponible sur: <http://www.em-premium.com.rproxy.sc.univ-paris-diderot.fr/article/1097981/resultatrecherche/1>
- Themes UFO. Direct Composite Restorations [Internet]. *Pocket Dentistry*. 2015 [cité 23 sept 2017]. Disponible sur: <https://pocketdentistry.com/9-direct-composite-restorations/>
- Toledano M, Osorio R, Albaladejo A, Aguilera FS, Tay FR, Ferrari M. Effect of cyclic loading on the microtensile bond strengths of total-etch and self-etch adhesives. *Operative Dentistry*. 2006;31(1):25-32.
- Triller C, Samama Y, Triller M. Observation au microscope électronique à balayage de la structure de l'émail préparée pour les ancrages collés. *Revue D'odonto-Stomatologie*. 1987;16(3):157-62.

- Triller M. Le fluor, agent préventif de la maladie carieuse : mécanisme, sources, risques. *Archives de Pédiatrie*. 1998;5(10):1149-52.
- Venezie RD, Vadiakas G, Christensen JR, Wright JT. Enamel pretreatment with sodium hypochlorite to enhance bonding in hypocalcified amelogenesis imperfecta: case report and SEM analysis. *Pediatric Dentistry*. 1994;16(6):433-6.
- Vieira ÁSB, Pedro R de L, Antunes LDS, Alves Dos Santos MP, Antunes LAA, Primo LG, et al. Topography and presence of a smear layer in deciduous molars prepared with high-speed cutting and ultrasonic abrasion: an in-vitro study. *Acta Odontologica Scandinavica*. 2011;69(3):165-9.
- Walter C, Kress E, Götz H, Taylor K, Willershausen I, Zampelis A. The anatomy of non-carious cervical lesions. *Clinical Oral Investigations*. 2014;18(1):139-46.
- Weisrock G, Terror E, Couderc G, Koubi S, Levallois B, Manton D, et al. Naturally aesthetic restorations and minimally invasive dentistry. *Journal of minimum intervention in dentistry*. 2011;4(2):23-34.
- Wiegand A, Attin T. Design of Erosion/Abrasion Studies – Insights and Rational Concepts. *Caries Research*. 2011;45(Suppl. 1):53-9.
- Wood I, Jawad Z, Paisley C, Brunton P. Non-carious cervical tooth surface loss: A literature review. *Journal of Dentistry*. 2008;36(10):759-66.
- Wright JT, Robinson C, Shore R. Characterization of the enamel ultrastructure and mineral content in hypoplastic amelogenesis imperfecta. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1991;72(5):594-601.
- Yoshida Y, Nagakane K, Fukuda R, Nakayama Y, Okazaki M, Shintani H, et al. Comparative study on adhesive performance of functional monomers. *Journal of Dental Research*. 2004;83(6):454–458.

Les opinions émises dans les dissertations présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, sans aucune approbation ni improbation de la Faculté de Chirurgie Dentaire.

**SMIDA Sabrina. Comment optimiser le collage en fonction des états de surfaces de l'émail ?
2017. 73 p. : ill., graph., tabl. Réf. Biblio. : 68-72**

Sous la direction de : Madame le Docteur BOSCO

Th : Chir Dent. : Paris 7 : 2017

RESUME en français :

Les techniques peu invasives telles que la sono abrasion, l'air abrasion ou le laser sont des techniques alternatives à l'instrumentation rotative. La dentisterie opératoire évolue vers une dentisterie préventive et à minima, qui remanie totalement le mode de pratique.

L'amélogenèse imparfaite (AI), les lésions cervicales d'usure entraînent des états de surface, différent de l'émail sain, ce qui peut entraîner une modification du protocole opératoire. Il est bien établi aujourd'hui que la teneur minérale des tissus dentaires conditionne la qualité de l'ancrage micro-mécanique des agents adhésifs.

Dans une première partie, nous étudierons les différents états de surface de l'émail obtenus suivant différentes techniques de curetage sur émail carié ou altéré.

Ensuite, notre étude va nous permettre de décrire ces états de surface et de déterminer le potentiel d'adhésion afin d'essayer de proposer les meilleures stratégies thérapeutiques.

Résultats : Les résultats tendent en général à privilégier un prétraitement des surfaces à l'acide orthophosphorique car ceci potentialise la force de liaison, mais ce traitement peut s'avérer agressif dans certaines anomalies de l'émail telle que l'amélogenèse imparfaite.

TITRE en anglais : How to optimize the bonding according to the surface of enamel?

DISCIPLINE : OCE et Biomatériaux

MOTS-CLES Français : émail ; adhésif ; prismes ; acide orthophosphorique ; amélogenèse imparfaite ; air abrasion ; laser ; états de surface, lésions cervicales non carieuses

MOTS-CLES Anglais : enamel ; adhesive ; prism ; etching ; amelogenesis imperfecta ; air abrasion ; laser ; enamel surface, non carious cervical lesions
