

UNIVERSITE DE LILLE

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année de soutenance : 2020

N°:

THESE POUR LE

DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le 10 Décembre 2020

Par Théo HANON

Né le 14 Décembre 1994 à Fourmies - France

Peut-on éliminer l'acide fluorhydrique dans le protocole de collage des pièces en
céramique ?

JURY

Président :

Professeur Pascal BEHIN

Assesseurs :

Docteur François DESCAMP

Docteur Corentin DENIS

Docteur Philippe BOITELLE

Président de l'Université :	Pr. J-C. CAMART
Directeur Général des Services de l'Université :	M-D. SAVINA
Doyen :	E. BOCQUET
Vice-Doyen :	A. de BROUCKER
Responsable des Service :	S. NEDELEC
Responsable de la Scolarité :	M. DROPSIT

PERSONNEL ENSEIGNANT DE L'U.F.R.

PROFESSEURS DES UNIVERSITES :

P. BEHIN	Prothèses
T. COLARD	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
E. DELCOURT-DEBRUYNE	Professeur Emérite Parodontologie
C. DELFOSSE	Responsable du Département d'Odontologie Pédiatrique
E. DEVEAUX	Dentisterie Restauratrice Endodontie

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

K. AGOSSA	Parodontologie
T. BECAVIN	Dentisterie Restauratrice Endodontie
A. BLAIZOT	Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale
P. BOITELLE	Prothèses
F. BOSCHIN	Responsable du Département de Parodontologie
E. BOCQUET	Responsable du Département d' Orthopédie Dento-Faciale Doyen de la faculté de chirurgie dentaire
C. CATTEAU	Responsable du Département de Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale.
X. COUTEL	Biologie Orale
A. de BROUCKER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
M. DEHURTEVENT	Prothèses
T. DELCAMBRE	Prothèses
F. DESCAMP	Prothèses
M. DUBAR	Parodontologie
A. GAMBIEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
F. GRAUX	Prothèses
P. HILDEBERT	Responsable du Département de Dentisterie Restauratrice Endodontie
C. LEFEVRE	Prothèses
J.L. LEGER	Orthopédie Dento-Faciale
M. LINEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
T. MARQUILLIER	Odontologie pédiatrique
G. MAYER	Prothèses
L. NAWROCKI	Responsable du Département de Chirurgie Orale Chef du Service d'Odontologie A. Caumartin - CHRU Lille
C. OLEJNIK	Responsable du Département de Biologie Orale
P. ROCHER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
L. ROBBERECHT	Dentisterie Restauratrice Endodontie
M. SAVIGNAT	Responsable du Département des Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
T. TRENTESAUX	Odontologie Pédiatrique
J. VANDOMME	Responsable du Département de Prothèses

Réglementation de présentation du mémoire de Thèse

Par délibération en date du 29 octobre 1998, le Conseil de la Faculté de Chirurgie Dentaire de l'Université de Lille a décidé que les opinions émises dans le contenu et les dédicaces des mémoires soutenus devant jury doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'ainsi aucune approbation, ni improbation ne leur est donnée.

Remerciements

Aux membres du jury...

Monsieur le Professeur Pascal BEHIN

Professeur des Universités – Praticien Hospitalier des CSERD

Section Réhabilitation Orale

Département Prothèses

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur en Odontologie de l'Université Paris Descartes

Habilitation à Diriger des Recherches - Université de Lille

Certificat d'Etudes Supérieures de Biomatériaux dentaires - Paris Descartes

Certificat d'Etudes Supérieures de Prothèse Fixée - Paris Descartes

Responsable Unité Fonctionnelle de Prothèses

Vous m'avez fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury.
Merci de m'avoir accordé votre confiance pour ce travail. Soyez assuré de mon
profond respect et ma sincère reconnaissance.

Monsieur le Docteur François DESCAMP

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier des CSERD

Section Réhabilitation Orale

Département Prothèses

Docteur en Chirurgie Dentaire

Maîtrise de Sciences Biologiques et Médicales

Maîtrise Universitaire de Pédagogie des Sciences de la Santé

Diplôme d'Etudes Supérieures Spécialisées Education et Santé

Diplôme d'Etudes Approfondies Sciences de l'Education

Diplôme Universitaire de CFAO Clinique

Lauréat de l'Académie Nationale Chirurgie Dentaire

Médaille de Bronze de la Défense Nationale (Agrafe « service de santé »)

Médaille d'Outre-Mer (Agrafe « Tchad »)

Titre de reconnaissance de la Nation

Croix du Combattant.

Je tiens tout d'abord à vous remercier d'avoir accepté de diriger cette thèse. Les vacations cliniques passées à vos côtés ont été passionnantes et enrichissantes. Vous avez toujours été disponible et réactif malgré mes problèmes personnels et par conséquent un retard dans les délais d'écriture de thèse. C'est pourquoi je voulais vous faire part ici de ma gratitude.

Monsieur le Docteur Corentin DENIS

Maître de Conférences des Universités (Associé) – Praticien Hospitalier des CSERD

Section Réhabilitation Orale

Département Prothèses

Docteur en Chirurgie Dentaire

Master II « Sciences du médicaments » - Parcours « Dispositifs Médicaux – Biomatériaux » - Université Lille2

Certificat d'Etudes Supérieures en Prothèses Fixées – Université d'Aix-Marseille

Assesseur Relations aux étudiants

Vous m'avez fait l'honneur de siéger dans ce jury, et je vous en remercie. Votre enseignement durant ces années d'études a été enrichissant, plus particulièrement lors de l'enseignement des travaux pratiques. Veuillez trouver dans ce travail le témoignage de mon profond respect.

Monsieur le Docteur Philippe BOITELLE

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier des CSERD

Section Réhabilitation Orale

Département Prothèses

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'Université Paris 13, Sorbonne Paris Cité. Spécialité : Mécanique des matériaux.

Master 2 recherche Biologie et Santé, mention Biologie cellulaire et biologie quantitative – Université Lille2

Maîtrise de Sciences Biologiques et Médicales – Université Lille2

Certificat d'Etudes Supérieures d'Odontologie Prothétique option Prothèse fixée – Université Paris Descartes

Prix 2006 Annual Scholarship Award for outstanding academic achievements in dentistry – Pierre Fauchard Academy Foundation – New-York – U.S.A

Assesseur à la Formation Continue

Je veux ici vous remercier de l'immense honneur que vous m'avez fait en acceptant de siéger dans ce jury. Votre enseignement durant ces années d'étude a toujours été enrichissant pour moi notamment lors des vacations cliniques et je vous en suis très reconnaissant. Veuillez trouver dans ce travail le témoignage de mon profond respect.

A ma famille,

A mes amis,

Table des matières

Introduction.....	14
1 Concepts généraux.....	15
1.1 Principe de base d'assemblage des céramiques.....	15
1.2 Constituants des systèmes de collage des céramiques.....	16
1.2.1 Mordançage.....	16
1.2.1.1 Mordançage de la dent	16
1.2.1.2 Mordançage de la céramique.....	17
1.2.2 Silane/Primer.....	17
1.2.3 Les colles	18
1.2.3.1 Définition.....	18
1.2.3.2 Classement par le mode de polymérisation.....	18
1.2.3.3 Classement selon le potentiel adhésif.....	19
1.2.3.3.1 Sans potentiel adhésif.....	19
1.2.3.3.2 Avec potentiel adhésif.....	19
1.2.3.3.3 Colles auto adhésives.....	20
1.3 Classification des céramiques.....	21
1.3.1 Définition.....	21
1.3.2 Classification traditionnelle.....	21
1.3.3 Classification de Sadoun et Ferarri selon la composition.....	22
1.3.3.1 Les céramiques feldspathiques.....	22
1.3.3.2 Les céramiques alumineuses.....	22
1.3.3.3 Les vitrocéramiques.....	22
1.3.3.4 Les céramiques à base de Zircone.....	22
1.3.4 Classification des nouvelles céramiques dentaires.....	23
1.3.4.1 Les céramiques à matrice vitreuse.....	23
1.3.4.1.1 Feldspathiques.....	23
1.3.4.1.2 Synthétiques.....	23
1.3.4.1.3 Céramiques infiltrées.....	23
1.3.4.2 Les céramiques polycristallines.....	24
1.3.4.3 Les céramiques à matrice résineuse.....	24

1.4	Protocole gold standard pour le collage des vitrocéramiques.....	26
1.4.1	Préparation de la surface dentaire.....	26
1.4.2	Préparation de la surface prothétique.....	28
1.4.3	Assemblage.....	29
2	Problématiques posées par l'utilisation de l'acide fluorhydrique.....	29
2.1	Définition et composition.....	29
2.2	Utilisation dans le domaine dentaire.....	30
2.3	Impact sur la santé.....	31
2.3.1	Toxicité aiguë.....	31
2.3.2	Toxicité chronique.....	32
2.3.3	Traitement des brulures.....	34
2.4	Manipulation de l'acide fluorhydrique.....	34
2.4.1	Utilisation de gants adaptés.....	34
2.4.2	Equipement de protection oculaire.....	35
2.4.3	Manipulation dans un espace ventilé.....	35
2.5	Elimination de l'acide fluorhydrique.....	35
2.5.1	Conséquences environnementales.....	35
2.5.2	Collecte des eaux de rinçage.....	36
2.5.3	Neutralisation des eaux de rinçage.....	36
2.6	Mordançage excessif de la céramique.....	37
2.7	Lors de l'utilisation en bouche pour la réparation de la céramique.....	38
2.8	Produits alternatifs pour le mordançage seul.....	41
2.8.1	Acidulated phosphate fluoride (APF).....	41
2.8.2	Difluorure d'ammonium.....	44
3	Alternatives à l'utilisation de l'acide fluorhydrique : Monobond Etch and Prime de Ivoclar Vivadent.....	46
3.1	Présentation du produit.....	46
3.1.1	Composants.....	46
3.1.1.1	Polyfluorures d'ammonium.....	46
3.1.1.2	Silane.....	47
3.2	Protocole de mise en place du Monobond Etch and Prime.....	47

3.3 Avantages et intérêts.....	48
3.4 Inconvénients et limites.....	49
3.5 Synthèse des études sur le Monobond Etch and Prime.....	49
3.5.1 Etudes menées par Ivoclar Vivadent.....	49
3.5.1.1 Résistance à la traction.....	50
3.5.1.2 Résistance au cisaillement.....	50
3.5.1.3 Pouvoir mordant comparé à l'acide fluorhydrique.....	51
3.5.2 Etudes indépendantes.....	51
3.5.2.1 Résistance à la traction.....	52
3.5.2.2 Résistance au cisaillement.....	54
3.5.2.3 Pouvoir mordant comparé à l'acide fluorhydrique.....	56
3.5.3 Synthèse des résultats.....	57
Conclusion	58
Table des figures.....	59
Tables des tableaux.....	60
Références bibliographiques	61
Annexes.....	65

Index des abréviations

MEP : Monobond Etch and Prime

MP : Monobond Plus

HF : Acide fluorhydrique

ADP : ammonium difluoride (bifluorure d'ammonium)

APF : Acidulated phosphate fluoride (fluorure de phosphate acidulé)

SBS : Shear Bond Strength (force de résistance au cisaillement)

TBS : Tensile Bond Strength (force de résistance à la traction)

Introduction

Depuis quelques années, le développement de la commercialisation et de l'utilisation des systèmes adhésifs dans le cadre des soins dentaires a permis une approche différente de la prise en charge de nos patients.

En effet, l'utilisation de ciments de scellement nous impose des mises en forme de préparation spécifiques, rétentives, qui entrent parfois en conflit avec le principe de gradient thérapeutique de plus en plus présent dans la réalisation des restaurations dentaires.

Avec le temps, les protocoles de collage se sont développés et les composants se sont multipliés permettant d'augmenter grandement les valeurs d'adhésion, notamment des pièces en céramique.

Cependant, même si l'apport de certains produits dans l'augmentation des valeurs d'adhésion des céramiques n'est plus à prouver, l'utilisation de ceux-ci, comme l'acide fluorhydrique, dans les protocoles de mordantage des restaurations vitrocéramiques peut poser des problèmes, tant sur le plan de la sécurité dans les phases de manipulation que sur le plan de l'élimination et de ses conséquences environnementales.

Après un rappel sur les systèmes de collage ainsi que sur les différents types de céramique et leur composition dans le cadre des restaurations dentaires, nous nous attarderons sur les problématiques que pose l'utilisation de l'acide fluorhydrique dans notre métier. Nous étudierons ensuite l'apport d'un nouveau produit sur le marché, le Monobond Etch and Prime de Ivoclar Vivadent, qui ne contient pas cet acide dans ses composants, via plusieurs études menées sur son efficacité.

1. Concepts généraux

1.1 Principe de base d'assemblage des céramiques (1)

Le collage est un procédé qui permet une adhésion chimique et micromécanique entre les restaurations et l'organe dentaire contrairement au scellement qui lui ne repose que sur le principe de rétention mécanique.

L'avènement du collage permet de renforcer la liaison entre la pièce prothétique et la dent et ainsi de diminuer les risques de fracture de la dent ou de la reconstitution. De plus, avec le développement des systèmes de collage, on peut maintenant augmenter l'esthétisme des reconstitutions via des colles de différentes teintes.

Cela entre dans le principe de gradient thérapeutique, ce qui permet de s'affranchir des mises en forme de préparations rétentives en vue du scellement et donc de mettre en place des traitements de plus en plus conservateurs de l'organe dentaire reconstitué.

Il existe 4 types d'assemblage des céramiques :

- Le scellement : qui utilise une réaction acide-base et qui intrinsèquement n'est pas rétentif ni au niveau de la restauration ni au niveau de la dent.
- Le scellement adhésif : un matériau qui a une réaction acide-base mais qui, intrinsèquement, possède un potentiel adhésif au niveau de la dent et de la restauration
- Le collage : produit avec réaction de polymérisation qui possède un potentiel adhésif propre ou lié à un adhésif.
- Le vissage : utilisé pour l'assemblage des prothèses aux piliers implantaires.

Ici, ce qui nous intéresse particulièrement, c'est le collage. Les colles sont utilisées depuis les années 1970 pour l'assemblage des restaurations en céramique au substrat dentaire.

Ces colles se démarquent des différents ciments utilisés comme ceux au phosphate de zinc, au polycarboxylate ou aux ciments verre ionomère par plusieurs aspects :

- Il a été montré que les colles procurent un meilleur joint au niveau de la zone restauration/dent, en diminuant le risque carieux
- L'esthétique est grandement améliorée de par la diversité des teintes proposées comparées au ciment traditionnel opaque, notamment dans le cadre de restaurations antérieures
- La réalisation de préparations rétentives en vue d'une rétention mécanique est réduite car les colles se basent sur un principe d'adhésion principalement chimique, et donc la préservation tissulaire de la dent préparée est plus importante. (2)

1.2 Constituants des systèmes de collage des céramiques

1.2.1 Mordançage (3)

1.2.1.1 Mordançage de la dent

Le principe de mordançage de la dent, qui permet d'augmenter les valeurs d'adhésion, a été mis en évidence par le Dr Michael Buonocore. Cela consiste en l'application d'un gel acide au niveau de la dent, ce qui va entraîner une déminéralisation des prismes d'émail pour créer des microreliefs dans lesquels la résine va pouvoir s'infiltrer et créer un microclavetage, augmentant ainsi la rétention mécanique de la résine à la dent. Le mordançage permet aussi l'élimination de la boue dentinaire, qui est la couche de débris organiques et minéraux résultants de la préparation dentaire.

Pour le mordançage de la dent, il est conseillé de le réaliser avec un gel d'acide orthophosphorique à 37,5%, appliqué pendant 30 secondes sur l'émail et 15 secondes sur la dentine. (4)

Cependant, l'application d'acide métaphosphorique à 40% et pH 5 permettrait une meilleure adhésion à la surface dentaire sur le long terme. (5)

1.2.1.2 Mordançage de la céramique

Le principe est le même que pour le mordançage de la dent. Il permet de dissoudre la phase vitreuse de la céramique pour créer un microrelief propice au collage. Il faut cependant pour le mordançage de la céramique un acide plus fort que celui utilisé sur la dent, il est donc recommandé d'utiliser un gel d'acide fluorhydrique.

Le temps d'application n'est pas très clair en fonction des céramiques utilisées et la commercialisation de gels d'acide fluorhydrique à différentes concentrations n'aide pas le praticien à mettre en place un protocole strict sur l'utilisation de celui-ci.

Cependant, une étude publiée en 2017, et évaluant les différentes valeurs d'adhésion en fonction du temps d'application et de la concentration en acide fluorhydrique dans les gels de mordançage met en avant une rétention optimale avec un gel à 5% appliqué pendant 20 secondes pour les vitrocéramiques au disilicate de lithium et enforcées à la leucite. (6,7)

1.2.2 Silane/Primer (8)

Le silane est un agent de couplage qui permet une meilleure adhésion de la colle à la céramique mordançée, puis rincée.

Le silane est composé de trialkoxysilane qui permet de connecter une matrice résineuse non polymérisée (la colle), à un substrat inorganique (la céramique).

La fonction SiO_2 du silane va réagir avec la fonction OH de la céramique d'un côté, et la fonction méthacrylate va elle copolymériser avec le composite de collage de l'autre côté. (9)

Ce produit est devenu indispensable dans les protocoles de collage de la céramique.

Une étude récente publiée en 2018 montre que l'efficacité du collage est maximale pour une application de silane avant le collage de la vitrocéramique, même si l'adhésif universel en contient déjà. (10)

1.2.3 Les colles (11)

1.2.3.1 Définition

Les colles sont des résines généralement chargées qui durcissent par polymérisation. Elles feront office d'agent de remplissage entre la pièce à coller et la dent.

Ces colles peuvent être rigides ou élastiques selon leur composition en charges. Les colles rigides permettront par exemple une bonne portance des éléments de restauration tandis que les colles élastiques permettront une meilleure absorption des contraintes.

Elles sont composées de particules inorganiques dans une matrice organique comme le Bis-GMA, le TEGMA ou l'UDMA. (9)

1.2.3.2 Classement par le mode de polymérisation

On peut classer les colles selon leur mode de polymérisation :

- Par polymérisation chimique : la polymérisation est amorcée par le mélange de deux composants. Le temps de travail est donc limité et sa bonne utilisation est praticien dépendant.
- Par photopolymérisation : la polymérisation est amorcée par un rayonnement lumineux, cependant pour des restaurations métalliques, la diffusion lumineuse est nulle, et elle est faible pour les reconstitutions esthétiques
- Par prise duale : auto et photopolymérisation : cela assure une polymérisation optimale sur toute la surface du joint.

1.2.3.3 Classement selon le potentiel adhésif. (12)

1.2.3.3.1 Sans potentiel adhésif

Elles représentent la majorité des colles. Leur nature est semblable à celle d'un composite fluide et nécessitent la préparation des surfaces dentaires et de la restauration.

Elles sont très sensibles à l'humidité buccale et nécessitent un protocole de mise en place strict et la pose d'un champ opératoire.

Dans les colles sans potentiel adhésif on peut citer Variolink Veneer – Ivoclar Vivadent.



Figure 1 : Variolink Esthetic DC, Ivoclar Vivadent. Source : internet

1.2.3.3.2 Avec potentiel adhésif

Ces colles possèdent un potentiel adhésif propre mais nécessitent quand même l'utilisation d'adhésifs amélo-dentaires et un traitement de surface de la restauration. La différence entre les colles avec et sans potentiel adhésif réside dans l'application ou non d'un adhésif dans l'intrados prothétique.

On peut citer ici le Panavia (Kuraray), ou le Superbond.



Figure 2 : SuperBond, C&B. Source : internet

1.2.3.3.3 Colles auto adhésives (13)

Ces colles ne nécessitent pas de préparation de l'intrados prothétique ou de la dent, ni l'utilisation d'adhésif. La formation de groupement réactifs à base de phosphates permet un collage aux 2 surfaces.

Leur prise initiale par polymérisation fait bien d'elles des colles mais une seconde réaction acide base avec l'humidité de la surface dentaire peut contribuer à un durcissement secondaire.

Celles-ci sont intéressantes lorsque la pose d'un champ opératoire n'est pas possible car leur rapidité de mise en place et d'utilisation permet de réduire au maximum les contaminations per opératoires.

La facilité d'utilisation et l'efficacité de ces matériaux semblent excellents et sont de plus en plus utilisées dans notre profession.

Le produit le plus exploité dans ce domaine est le Relyx de 3M Espe.



Figure 3 : RelyX Unicem 2 Automix. Source : internet

1.3 Classification des céramiques

1.3.1 Définition

Les céramiques sont des matériaux inorganiques composée de 2 phases :

- Une phase vitreuse appelée matrice, qui est désordonnée
- Une phase cristalline, qui est dispersée

Ce sont des matériaux inorganiques composés de nitrures, de borures, de carbures et d'oxydes. (14)

1.3.2 Classification traditionnelle (15)

Classification en fonction des températures de frittage :

- Haute fusion : 1289 à 1390°C
- Moyenne fusion : 1090 à 1260°C
- Basse fusion : 870 à 1065°C
- Très basse fusion : 660 à 780°C

1.3.3 Classification de Sadoun et Ferarri selon la composition (15)

1.3.3.1 Les céramiques feldspathiques

La céramique feldspathique a une température de fusion comprise entre 100 et 1300°C.

Elle est composée oxyde de silicium à hauteur de 55 à 78% formant à la fois la matrice vitreuse et la phase cristalline, d'oxyde d'aluminium (moins de 10%) et d'oxydes alcalins modificateurs (10 à 17%).

1.3.3.2 Les céramiques alumineuses

Dans ces céramiques, de l'alumine a été ajoutée dans le but de les renforcer. On les classe en fonction de leur proportion en alumine. Les plus importantes sont Inceram, comportant 85% d'alumine et Procera avec plus de 98% d'alumine.

1.3.3.3 Les vitrocéramiques

Ce sont des matériaux mis en forme à l'état de verre et qui subissent une cristallisation contrôlée et partielle par traitement thermique.

1.3.3.4 Les céramiques à base de Zircone

Il existe des céramiques à base de Zircone, cependant celles-ci, lors du refroidissement subissent une expansion de 3 à 4% du au passage de la forme tétragonale à la forme monoclinique ce qui provoque une fragilisation de la céramique et des risques de fracture de celle-ci.

L'ajout d'oxyde d'Yttrium permet de stabiliser la zircone dans une phase tétragonale ou cubique. Ces différentes phases de la structure de la zircone permettent de réduire la propagation des fissures et lui confèrent des propriétés mécaniques très intéressantes. (16)

1.3.4 Classification des nouvelles céramiques dentaires (14,17)

Avec l'évolution constante des matériaux et la commercialisation de gammes de plus en plus larges avec des indications de plus en plus étendues, on peut étudier la mise en place d'une nouvelle classification des céramiques incluant les nouvelles céramiques dentaires basées sur la ou les phases présentes dans leur composition.

1.3.4.1 Les céramiques à matrice vitreuse

1.3.4.1.1 Feldspathiques

Groupe traditionnel basé sur le kaolin, la silice et le feldspath. La formation de cristaux de Leucite va augmenter la résistance de cette céramique mais va aussi servir de céramique cosmétique car le coefficient de dilatation thermique étant plus faible que celui de l'infrastructure, cela va permettre de plaquer la cosmétique sur la chape.

1.3.4.1.2 Synthétiques

Ce sont des céramiques modifiées avec adjonction de composants permettant de les renforcer :

- A base de leucite
- A base de disilicate de Lithium
- A base d'hydroxyapatite

1.3.4.1.3 Céramiques infiltrées

Pour ces céramiques, le verre est infiltré dans un réseau poreux d'alumine, d'alumine et de magnésium ou d'alumine et de zirconium produits synthétiquement.

1.3.4.2 Les céramiques polycristallines

Ces céramiques ne possèdent pas de phase vitreuse, seulement une phase cristalline. Cela augmente leur ténacité et leur résistance à la fracture mais ont tendance à avoir une translucidité limitée, ce qui impacte l'esthétique des restaurations réalisées avec ces céramiques. De plus, l'absence de phase vitreuse rend le mordantage à l'acide fluorhydrique compliqué, voire inutile.

On y retrouve les céramiques à base :

- D'alumine
- De zircone stabilisée
- D'alumine renforcée à la zircone
- De zircone renforcée à l'alumine

1.3.4.3 Les céramiques à matrice résineuse

Ces céramiques sont composées d'une matrice organique fortement remplie de particules céramique.

La définition des céramiques étant : « les matériaux inorganiques non métalliques généralement traités par cuisson à haute température pour obtenir les propriétés souhaitables », ces matériaux ne devraient pas figurer dans les céramiques.

Et d'après la version 2013 du Code ADA (American Dental Association), les céramiques sont définies comme « des matériaux pressés, cuits, polis ou fraisés contenant principalement des composés réfractaires inorganiques, y compris les porcelaines, les verres, les céramiques et les vitrocéramiques ». (18)

Or, la phase inorganique réfractaire composant ces céramiques est plus importante en poids que la phase résineuse.

La plupart des études comparent ce type de céramique avec les céramiques feldspathiques, les vitrocéramiques renforcées en disilicate de lithium, en zircone, en leucite, et les polycristallines zircons et ou alumine.

Celles-ci montrent une meilleure résistance mécanique que les céramiques feldspathiques mais plus faible que pour les vitrocéramiques renforcées au disilicate de lithium. (19)

On y retrouve :

- Résines nanocéramiques : matrice résineuse composée à 80% en poids de nanoparticules de silice de 20nm, de nanoparticules de zircone de 4 à 11 nm et d'agrégats de particules zircone-silice
- Vitrocéramiques dans une matrice résineuse : la vitrocéramique représente 86% en poids dans une matrice résineuse à base de diméthacrylate d'uréthane (UDMA) et de diméthacrylate de triéthylène glycol (TEGDMA)
- Céramique de zircone-silice dans une matrice résineuse polymère de bisphénol A.

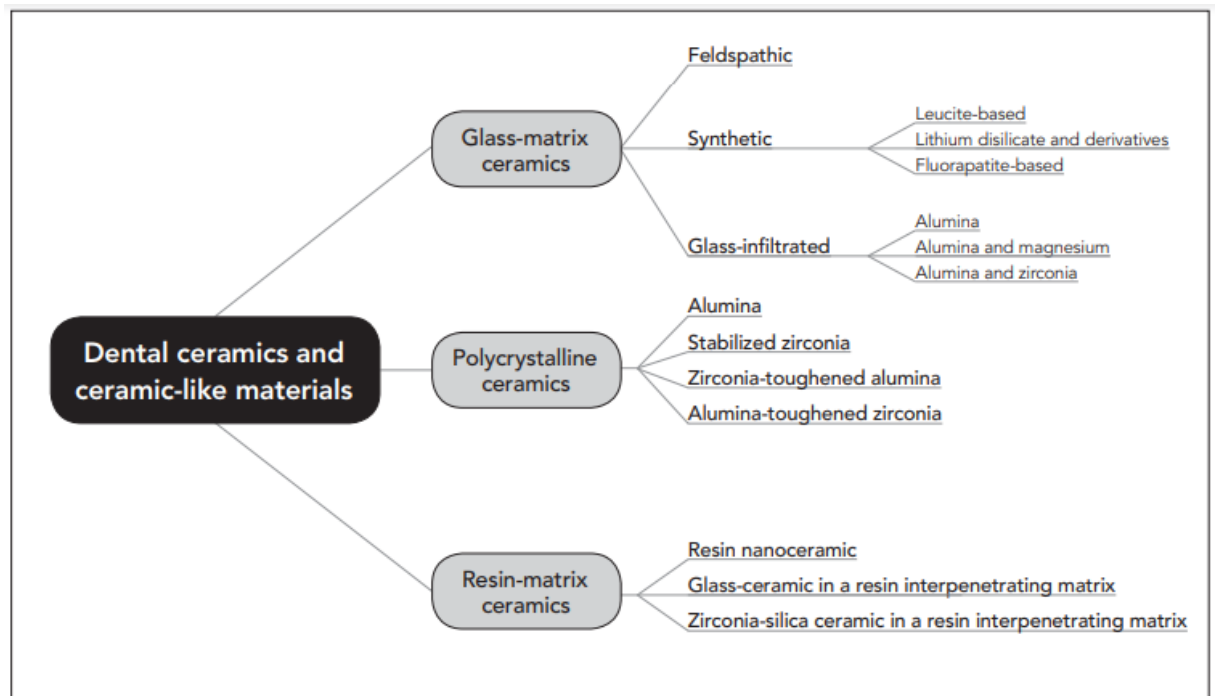


Figure 4 : Classification des nouvelles céramiques dentaires. (17)

1.4 Protocole gold standard pour le collage des vitrocéramiques (20)

1.4.1 Préparation de la surface dentaire

En premier lieu, une dépose des restaurations provisoires et un nettoyage soigneux des préparations aux ultrasons sont réalisés en vue de nettoyer les résidus de colle ou de ciment provisoire.

Les restaurations sont ensuite essayées sur les dents en vue de valider l'aspect fonctionnel des restaurations, c'est-à-dire la bonne adaptation aux limites dentaires, la précision des contacts occlusaux et proximaux et de valider l'aspect esthétique, notamment lors de restaurations dans le secteur antérieur.

Pour valider l'esthétique, certaines colles commercialisées proposent dans leur coffret des « try in paste », c'est-à-dire des matériaux ayant la même teinte que les colles définitives pour obtenir une meilleure reproduction de la teinte naturelle des dents adjacentes.

On réalise ensuite la mise en place du champ opératoire qui permettra d'obtenir une étanchéité nécessaire à la prise optimale des matériaux de collage. En effet, la

plupart des colles nécessitent d'être mise en place à l'abri de l'humidité pour développer un potentiel adhésif maximal.

Ce champ opératoire se compose de la digue en caoutchouc complété par la pose de ligatures en fil dentaire, de téflon, de rouleaux de cotons etc.

Un micro-sablage de la surface dentaire à l'aide d'une sableuse projetant des particules d'alumine de 25 à 50 microns est nécessaire pour éliminer tous les résidus polluants et pour augmenter l'adhésion grâce à un ancrage micromécanique amélioré au niveau dentaire.

On va ensuite réaliser la couche hybride à l'aide de systèmes de type mordantage et rinçage en 3 étapes (M&R3).

Un mordantage amélo-dentinaire est réalisé à l'aide d'un acide orthophosphorique concentré à 37,5%, appliqué 30 secondes sur l'émail et 15 secondes sur la dentine. Ce mordantage permet une élimination de la boue dentinaire et une dissolution de l'hydroxyapatite sur quelques micromètres permettant l'infiltration par la suite du système adhésif, augmentant ainsi l'efficacité de ceux-ci.

Le gel de mordantage est rincé abondamment, puis la surface dentaire est séchée sans excès afin de ne pas collapser le réseau collagénique exposé.

L'application d'un primer, agent tensioactif qui va transformer la surface dentaire hydrophile en surface hydrophobe va permettre une meilleure infiltration de cette résine adhésive. Celui-ci est mis en place à l'aide d'une Micro-brush et appliqué en frottant vigoureusement la surface dentaire, puis elle est séchée pour éliminer les solvants présents dans sa composition.

Enfin, la résine adhésive est appliquée sur la surface dentaire, les excès sont éliminés à l'aide d'un jet d'air, puis elle est polymérisée avec une lampe à photopolymériser pendant 20 à 40 secondes.

1.4.2 Préparation de la surface prothétique

La préparation de la surface prothétique commence par un micro-sablage à l'aide de particules d'alumine de 50 microns projetés sur toute la surface de l'intrados prothétique. Comme pour la partie amélo-dentinaire, ce sablage permet une meilleure rétention micromécanique à la surface prothétique grâce à la création de micro-reliefs.

Le mordantage de la vitrocéramique est ensuite réalisé par un gel d'acide fluorhydrique. Les études récentes montrent un collage optimal pour une application d'acide fluorhydrique concentré à 5% pendant 20 secondes pour les céramiques à base de disilicate de lithium et les céramiques renforcées à la leucite utilisées en CFAO, pour les céramiques en disilicate de lithium pressées, une application de gel à 10% pendant 60 secondes permet une meilleure adhésion. (7)

Des rétentions micromécaniques par dissolution de la phase vitreuse de la céramique sont ainsi présentes et permettent une meilleure adhésion au matériau de collage.

La pièce est ensuite rincée abondamment et le passage dans un bac à ultrasons avec de l'alcool à 90° permet un nettoyage et un dégraissage optimal de la restauration.

La silanisation de la pièce est ensuite réalisée. Le silane est appliqué sur l'intrados prothétique à l'aide d'un pinceau pendant 2 minutes, puis séché. Un séchage avec un sèche-cheveux plutôt qu'avec la seringue air/eau permettra une meilleure efficacité du silane.

La mise en place ou non d'un adhésif dans l'intrados prothétique s'effectuera en fonction du système adhésif utilisé.

1.4.3 Assemblage

La colle choisie est appliquée dans l'intrados prothétique.

Le choix d'une colle à prise duale permet un bon contrôle du temps de travail ainsi qu'une bonne polymérisation des joints, accessibles à la lumière, et une prise retardée, là où l'épaisseur de la restauration est plus importante.

L'insertion de la restauration sur la dent est réalisée, les excès de colle sont retirés à l'aide d'un pinceau et d'une sonde, notamment au niveau de la zone cervicale et des zones proximales.

Enfin, une photopolymérisation de 40 secondes par face est réalisée.

Les colles sont elles aussi concernées par la couche d'inhibition par l'oxygène, un gel de glycérine est donc appliqué sur l'ensemble du joint et une dernière exposition à la lumière est réalisée.

La dépose de la digue est effectuée et les restes de colle sont retirés à l'aide de curettes de Gracey ou d'un bistouri.

2. Problématiques posées par l'utilisation de l'acide fluorhydrique.

2.1 Définition et composition (21)

L'acide fluorhydrique, appelé aussi fluorure d'hydrogène, est utilisé largement dans les secteurs de l'industrie et de la chimie.

Ce produit de formule chimique HF, présente une action corrosive importante et son affinité particulière avec le calcium sanguin le rend très dangereux dans son utilisation.

Cet acide se présente sous 3 formes différentes, sous forme anhydre liquide, en solution aqueuse ou sous forme de gel. L'utilisation en chirurgie dentaire est majoritairement faite sous forme de gel.

Il est aussi utilisé dans la métallurgie pour les traitements de surface, dans l'industrie du verre et de la céramique pour le dépolissage, dans l'industrie électronique, dans l'industrie du bâtiment et dans la chimie analytique.

Les solutions aqueuses d'acide fluorhydrique sont commercialisées à des concentrations variant de 40 à 70%.

2.2 Utilisation dans le domaine dentaire (22)

Cet acide est utilisé, notamment dans les laboratoires de prothèse, à des concentrations entre 7,5 et 9,5% pour le décapage et le nettoyage des métaux.

Sur la céramique, cet acide est utilisé pour le mordantage comme vu précédemment. Les restaurations mordancées doivent être placées dans des bains de carbonate de calcium ou d'hypochlorite de sodium pour neutraliser l'acide puis nettoyées dans un bain à ultrasons. Cependant, en cas de restauration intra orale de la céramique, un nettoyage aux ultrasons n'est pas réalisable, un rinçage prolongé et rigoureux devra donc être mis en place.

L'utilisation d'HF pour la préparation de surface des composites n'a pas d'intérêt car, au contraire, il va fragiliser la structure du composite ce qui risque de diminuer sa résistance globale. (23)

L'application de fluor topique est aussi réalisée dans notre profession. Cependant, la présence d'acide fluorhydrique dans leur composition est très faible mais l'utilisation d'une digue devrait être envisagée lors de l'utilisation de ces produits.

La dissolution de la céramique par l'acide fluorhydrique ne repose pas sur la réaction acide en elle-même. En effet, l'HF est un acide faible car les liaisons H-F sont plus stables que d'autres acides tel que l'acide chlorhydrique et ses liaisons H-Cl. Le mordantage repose donc sur la substitution de l'oxygène par le fluor à la surface de la céramique, dû à son électronégativité, ce qui va former le complexe Si-F.

La réaction va donc donner :



Figure 5 : Schéma de réaction. (24)

Le terme de mordantage acide est donc trompeur.

Ce mécanisme explique donc pourquoi l'utilisation d'autres acides, à des valeurs parfois plus concentrées, comme l'acide orthophosphorique utilisé pour le mordantage de l'émail, n'ont qu'un effet faible sur la création de micro-reliefs à la surface de la céramique, et pourquoi on retrouve des valeurs d'adhésion plus faibles lorsque ceux-ci sont utilisés. (25)

2.3. Impact sur la santé

2.3.1 Toxicité aiguë

Les solutions concentrées à moins de 20% provoquent des lésions retardées qui peuvent apparaître 24 heures après l'exposition, contrairement aux concentrations supérieures qui provoquent des brûlures instantanées. (26)

En cas de projection sur la peau, celui-ci provoque des brûlures importantes et compte tenu de l'association des ions fluorures aux ions calcium, il provoque aussi une chute brutale de la teneur en calcium de l'organisme provoquant une intoxication systémique.

Cependant ce risque est plus faible pour les solutions diluées qui elles ne provoquent en général, que des brûlures.

En cas d'absence de rinçage de la partie exposée, une nécrose des tissus peut s'installer et nécessiter l'amputation de la partie exposée.

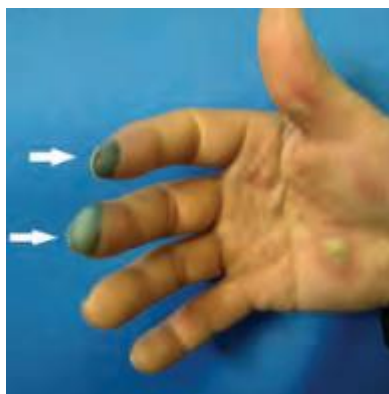


Figure 6 : lésions provoquées par de l'acide fluorhydrique (27)

En cas de projection dans les yeux, qui est un risque aussi dans notre métier, cela provoque des brûlures avec de violentes douleurs qui peuvent amener à la cécité.

La projection n'est pas le seul risque car l'exposition aux vapeurs dégagées par ce produit provoquent larmoiement et conjonctivite.

En cas d'ingestion, cela provoque des brûlures digestives et un risque d'hypocalcémie qui risquent de provoquer un arrêt cardiaque.

Enfin, en cas d'inhalation des vapeurs, une détresse respiratoire peut apparaître par contraction des bronches ou par œdème pulmonaire.

2.3.2 Toxicité chronique

L'exposition répétée à ce produit peut aussi, à long terme provoquer une fluorose, entraînant des douleurs articulaires et la limitation de certains mouvements.

Un tableau des valeurs limites d'exposition professionnelle contraignantes dans l'air des lieux de travail a été mis en place :

VLEP PAYS	VLEP-8 h Moyenne pondérée		VLCT Court terme 15 min	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
France (VLEP réglementaires contraignantes – 2007)	1,8	1,5	3	2,5
Union européenne (2000)	1,8	1,5	3	2,5
États-Unis (ACGIH – 2004)	0,5		2(*)	
Allemagne	1	0,83		

(*) TLV-C : valeur limite plafond.
VLEP : Valeur limite d'exposition professionnelle.
VLCT-15 min : Valeur limite court terme pour une exposition de 15 minutes.
VLEP-8 h : Valeur limite d'exposition professionnelle pour une exposition de 8 heures.

Tableau 1 : Tableau des valeurs limites d'exposition professionnelles (21)

La sécurité sociale a mis en place un tableau des affections engendrées par l'acide fluorhydrique :

DÉSIGNATION DES MALADIES	DÉLAI DE PRISE EN CHARGE	LISTE INDICATIVE DES PRINCIPAUX TRAVAUX SUSCEPTIBLES DE PROVOQUER CES MALADIES
A. Manifestations locales aiguës : Dermites ; Brûlures chimiques ; Conjonctivites ; Manifestations irritatives des voies aériennes supérieures ; Bronchopneumopathies aiguës, œdème aigu du poumon.	5 jours	Tous travaux mettant en contact avec le fluor, l'acide fluorhydrique et ses sels minéraux, notamment : Fabrication et manipulation des fluorures inorganiques ; Électrometallurgie de l'aluminium ; Fabrication des fluorocarbones ; Fabrication des superphosphates.
B. Manifestations chroniques : Syndrome ostéoligamentaire douloureux ou non, comportant nécessairement une ostéocondensation diffuse et associé à des calcifications des ligaments sacrosciatiques ou des membranes interosseuses, radiocubitale ou obturatrice.	10 ans (sous réserve d'une durée d'exposition de 8 ans)	

Tableau 2 : Tableau 32 des maladies professionnelles (28)

2.3.3 Traitement des brûlures (29)

Le traitement des brûlures cutanées consiste en le rinçage abondant de la zone exposée à l'eau froide, et à l'aide d'un savon alcalin si disponible.

En cas de projection oculaire, un rinçage abondant est aussi nécessaire.

Des infiltrations subcutanées d'une solution de gluconate de calcium à 10% sera nécessaire pour des expositions à l'acide concentré à plus de 20%, et facultatives, en fonction de la sévérité de l'atteinte et du temps d'exposition pour des concentrations moindres.

Si une exposition sous unguéale est remarquée, l'ablation de l'ongle pourra être réalisée.

Une surveillance du patient sera nécessaire et des injections supplémentaires de gluconate de calcium pourront être réalisées.



Figure 7 : solution de gluconate de calcium 10%. Source : internet

2.4 Manipulation de l'acide fluorhydrique (21)

2.4.1 Utilisation de gants adaptés

L'utilisation de gants à manchettes réutilisables, résistants à l'acide fluorhydrique doit être privilégié si la concentration est inférieure à 70%, comme des gants en caoutchouc butyle, en néoprène ou laminés multicouches car les gants en latex sont perméables à l'acide après contact prolongé. (30)

2.4.2 Equipement de protection oculaire

Au minimum un écran de protection facial norme EN 166 sera nécessaire pour éviter les projections oculaires.

2.4.3 Manipulation dans un espace ventilé

Une aspiration localisée des vapeurs émises lors de l'utilisation d'acide fluorhydrique devra être mise en place. Dans le cas de l'utilisation en pratique dentaire, la manipulation dans un espace ventilé sera suffisante.

2.5 Elimination de l'acide fluorhydrique

2.5.1 Conséquences environnementales (31)

L'utilisation de l'acide fluorhydrique et son élimination ont des conséquences chez les organismes aussi bien aquatiques que terrestres avec comme principaux symptômes de l'intoxication aigue chez les poissons une léthargie, une hypoexcitabilité, une diminution du taux de respiration.

Chez les algues on observe une altération du métabolisme des nucléotides et l'inhibition de l'activité enzymatique, ce qui amène à une diminution de la photosynthèse.

Chez les mammifères, l'absorption chronique de fluor provoque une diminution de l'activité digestive, une dégradation qualitative de l'émail et une augmentation de la dissolution des os et un retard de leur formation.

2.5.2 Collecte des eaux de rinçage (32)

L'utilisation de cet acide nécessite des précautions particulières lors de la collecte des eaux de rinçage. L'acide fluorhydrique étant un élément très corrosif, la collecte dans un récipient en polyéthylène ou en polyuréthane est recommandée pour éviter une dégradation de la tuyauterie du cabinet.



Figure 8 : Récipients en polyéthylène. Source : internet

2.5.3 Neutralisation des eaux de rinçage (33)

Après recueil des eaux de rinçage dans un récipient adapté, la neutralisation de la solution est nécessaire avant rejet dans le réseau d'évacuation.

Plusieurs produits de neutralisation peuvent être utilisés, cependant le plus accessible au cabinet dentaire reste le bicarbonate de soude.

ALKALINE MATERIAL	COMMON NAMES	FORM AVAILABLE	HAZARDS + REACTION	Kg.100% BASE per Kg. 100% HF	SALT PROPERTIES
CALCIUM CARBONATE (CaCO ₃)	LIMESTONE	PEBBLES	Slow reaction Slow evolution of carbon dioxide gas (CO ₂) Pebble surface can become passivated	2.50 Kg / Kg HF	Calcium Fluoride (CaF ₂) Non-hazardous Sol. in Water = 0.004%
CALCIUM HYDROXIDE [Ca(OH) ₂]	HYDRATED LIME	DRY POWDER SLURRY IN WATER	High heat of neutralization Slippery when wet	1.85 Kg / Kg HF	Calcium Fluoride (CaF ₂) Non-hazardous Sol. in Water = 0.004%
CALCIUM OXIDE (CaO)	QUICKLIME	DRY POWDER	Danger / UNO : -- / 1910 Very high heat of hydration & neutralization	1.40 Kg / Kg HF	Calcium Fluoride (CaF ₂) Non-hazardous Sol. in Water = 0.004%
POTASSIUM HYDROXIDE (KOH)	CAUSTIC POTASH	85% SOLID BEADS or FLAKE <45 % SOLUTION	Danger / UNO : 80 / 1813 Danger / UNO : 80 / 1814 Very high heat of hydration & neutralization	2.80 Kg / Kg HF	Potassium Fluoride (KF) Danger / UNO : 60 / 1812 Sol. in Water >40%
SODIUM BICARBONATE (NaHCO ₃)	BICARB BAKING SODA	DRY POWDER	Rapid evolution of carbon dioxide gas (CO ₂)	4.20 Kg / Kg HF	Sodium Fluoride (NaF) Danger / UNO : 60 / 1690 Sol. in Water = 4.0%
SODIUM CARBONATE (Na ₂ CO ₃)	SODA ASH	DRY POWDER	Rapid evolution of carbon dioxide gas (CO ₂)	2.65 Kg / Kg HF	Sodium Fluoride (NaF) Danger / UNO : 60 / 1690 Sol. in Water = 4.0%
SODIUM HYDROXIDE (NaOH)	CAUSTIC SODA	100% SOLID BEADS or FLAKE <50% SOLUTION	Danger / UNO : 80 / 1823 Danger / UNO : 80 / 1824 Very high heat of hydration & neutralization	2.00 Kg / Kg HF	Sodium Fluoride (NaF) Danger / UNO : 60 / 1690 Sol. in Water = 4.0%

Tableau 3 : Tableau des solutions de neutralisation de l'acide fluorhydrique. (33)

2.6 Mordançage excessif de la céramique

L'utilisation de l'acide fluorhydrique dans le mordançage de la céramique peut aussi avoir des effets néfastes sur l'adhésion lorsque les protocoles de temps d'application ou de concentration ne sont pas mis en place rigoureusement. Dans leur étude, Verissimo et al (7). montrent que cela peut provoquer une dissolution trop importante de la céramique, affaiblissant sa structure et pouvant amener à des fractures de celle-ci.

En effet, pour des temps d'application de 90 à 120 secondes, une dissolution non seulement superficielle mais aussi interne de la céramique et de manière non homogène est observée.

De plus l'utilisation d'acide fluorhydrique concentré à 10% pendant 60 secondes va provoquer une dissolution plus profonde allant de 400 microns à 600 microns de profondeur augmentant le risque de propagation de fracture.

Une étude de 2002 montre qu'une application d'acide fluorhydrique à la surface d'une céramique vitreuse, concentré à 16,8% pendant 30 secondes semble mener à un sur-mordançage de celle-ci, menant à une diminution de la résistance au cisaillement comparé à une application de 5 secondes. (25)

Indépendamment de son effet négatif sur le collage lorsqu'il est appliqué trop longtemps, l'acide fluorhydrique va fragiliser la céramique feldspathique en elle-même, notamment concernant la résistance à la flexion et quel que soit la concentration, comparé à l'absence de traitement de celle-ci. (34)

Toute la difficulté de l'utilisation de l'HF pour le mordançage repose donc sur un juste milieu concernant le temps d'application et la concentration pour obtenir un collage plus efficace de la céramique sans fragiliser sa structure.

2.7 Lors de l'application en bouche pour la réparation de la céramique.

Les restaurations en céramique sont de plus en plus utilisées pour leur apport esthétique et fonctionnel dans le cadre des réhabilitations prothétiques.

Cependant elles sont sensibles à la propagation de fractures au sein de leur matrice. Les vitrocéramiques possèdent une résistance à la flexion de 180 MPa et celles renforcées à la zircone ou à l'alumine présentent une résistance à la flexion d'environ 700 Mpa (35,36). Les vitrocéramiques sont sensibles à la fracture tandis que l'utilisation de céramiques renforcées utilisées pour la couche esthétique sont sensibles au phénomène de « chipping ».

De nombreuses études se sont attardées sur plusieurs systèmes de réparation de la céramique en les comparant aux protocoles utilisant de l'acide fluorhydrique.

En effet, lorsque la pose d'une digue ou de tout autre moyen permettant d'isoler la restauration du milieu buccal est impossible, l'utilisation de l'acide fluorhydrique, compte tenu de sa toxicité tant pour le patient que pour l'opérateur, devrait être limitée.

Ainsi dans une étude de 2009, une comparaison a été faite entre 3 types de réparations (35) :

- Le premier groupe utilisant un mordantage par acide fluorhydrique à 9,5% pendant 60 secondes, deux applications de silane pendant 30 secondes, puis un adhésif photopolymérisé pendant 10 secondes.
- Le second groupe utilisant un système d'air abrasion intra oral avec des particules d'alumine de 30 microns recouverts de silice pendant 10 secondes, application d'un silane pendant 5 minutes puis application d'un résine adhésive photopolymérisée pendant 20 secondes
- Le troisième groupe a utilisé des fraises finement diamantées pour réaliser des irrégularités à la surface de la céramique à réparer pendant 4 secondes, puis mordancé à l'aide de K-etchant, un gel d'acide phosphorique à 35%.

Les résultats de cette étude montrent une adhésion plus importante dans le protocole utilisant l'acide fluorhydrique seulement lorsque le test d'adhésion a été réalisé juste après le protocole de collage. Cependant, lorsque des conditions de vieillissement ont été réalisées avant les tests d'adhésion (placé dans de l'eau à 37° pendant 150 jours puis 12000 cycles thermiques), l'étude montre que le second groupe, utilisant l'air abrasion à l'aide de particules d'alumine recouvertes de silice présente des valeurs d'adhésion supérieures au groupe utilisant l'acide fluorhydrique (14,5 Mpa contre 12,1 Mpa).

Ces résultats sont confirmés par une autre étude (37), les valeurs de TBS obtenues sont comparables.

La création de rugosité de surface avec d'autres moyens que l'acide fluorhydrique, notamment l'utilisation d'embouts en caoutchouc a été étudiée en 2016. (38)

Cette étude montre des valeurs de rugosité similaires que ce soit avec l'acide ou avec les embouts en caoutchouc.

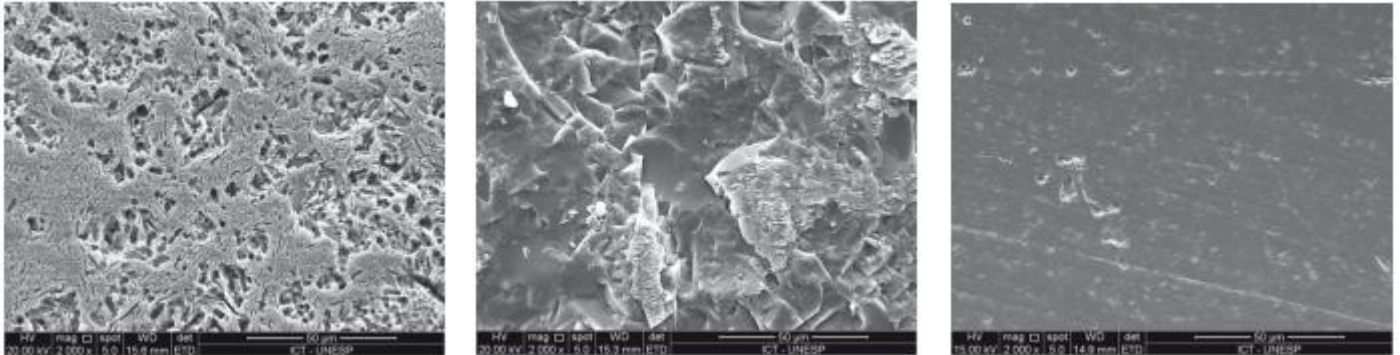


Figure 9 : Images au microscope électronique de l'état de surface de la céramique après HF 10% pendant 60 secondes, embouts caoutchouc abrasifs et aucun traitement. (38)

La conclusion de cette étude montre des valeurs d'adhésion similaires entre les 2 techniques de réparation que ce soit avant ou après vieillissement.

Conclusions :

- Pour la réparation de la céramique en bouche, l'utilisation de l'acide fluorhydrique peut être dangereuse.
- Des protocoles alternatifs, notamment le sablage à l'aide de particules d'alumine recouverts de silice, ou d'abrasion à l'aide d'embouts en caoutchouc permettrait un collage tout aussi fiable.

Lors de la réparation de céramique en bouche, on a vu que l'utilisation de l'acide fluorhydrique peut être toxique pour les muqueuses, mais cela peut aussi nuire au bon collage du composite lorsque l'acide est appliqué sur la dentine. En effet, la contamination de la dent par l'HF ne peut parfois être évitée.

Une étude menée en 2010 montre l'impact de cette contamination sur le collage (39). Après extraction, 15 troisièmes molaires mandibulaires ont reçu plusieurs traitements de surface avec différents agents mordançants :

Acide orthophosphorique seul ou combiné à l'acide fluorhydrique.

Puis un système adhésif M&R3 a été mis en place avant un montage de composite de 5mm d'épaisseur et 2 couches polymérisées pendant 20 secondes chacune.

Un test de résistance au cisaillement a ensuite été effectué et les conclusions de l'étude montrent que l'application d'HF sur la dentine nuit à l'adhésion sur la dentine. L'application d'acide orthophosphorique avant ou après la contamination à l'HF n'a aucun effet sur les résultats.

2.8 Produits alternatifs pour le mordantage seul

2.8.1 Acidulated phosphate fluoride (APF)

Les gels d'APF contiennent 12300 ppm de Fluor. Ils sont utilisés dans l'application dentaire topique, notamment chez les enfants à risque carieux élevé dans le but de prévenir l'apparition ou le développement de caries, grâce à l'action protectrice du Fluor au niveau de l'organe dentaire.

Ce produit contient (40) :

- Fluorure de Sodium
- Acide fluorhydrique
- Acide orthophosphorique
- Phosphate de sodium monobasique

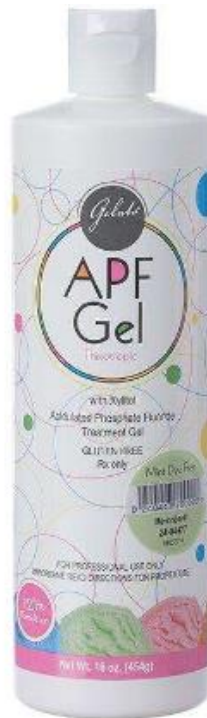


Figure 10 : Exemple de gel d'APF commercialisé. Source : internet

Quelques auteurs se sont penchés sur son utilisation pour le mordantage de la céramique. Ainsi, on retrouve des études aux résultats surprenants. (41,42)

Les auteurs ont comparé les valeurs de résistance au cisaillement de blocs de céramique renforcée à la leucite après 12 traitements de surface différents. Les groupes 1 à 10 ont reçu une application d'APF concentré à 1,23% pour des durées allant de 1 à 10 minutes. Le 11^{ème} groupe a reçu un mordantage par acide fluorhydrique à 9,6% pendant 2 minutes et le 12^{ème} groupe est un groupe contrôle.

Chaque groupe a ensuite reçu un traitement par silane et adhésif.

La conclusion de ces études montre que le groupe HF donne de meilleures valeurs d'adhésion mais qu'elles n'étaient pas différentes des valeurs données par une traitement par APF 1,23% pour les groupes de 6 à 10 minutes.

Même si l'APF est un produit beaucoup moins corrosif que l'acide fluorhydrique, une application prolongée est nécessaire pour obtenir des valeurs d'adhésion

similaires au groupe HF selon cette étude, ce qui n'en fait pas un produit optimal pour le mordantage de la céramique.

Les micro-reliefs créés par l'APF est différent de celui avec l'HF, beaucoup moins prononcé et profond. (43)

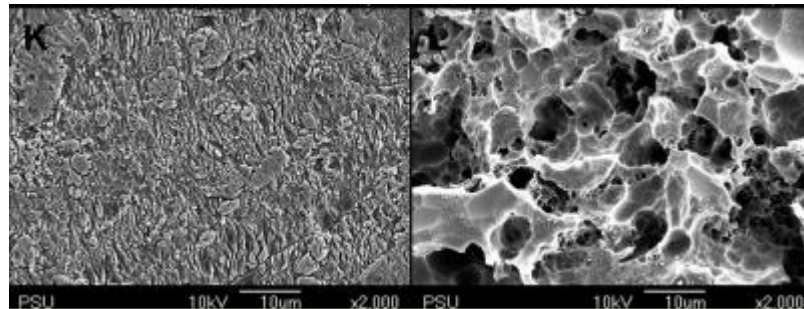


Figure 11 : Images au microscope électronique de la surface de la céramique après application d'APF 1,23% 10 minutes ou d'acide fluorhydrique 9,6% 2 minutes.

(42)

Les auteurs avancent donc l'idée que les motifs et la profondeur de déminéralisation de la surface de la céramique ne conditionnent pas en totalité l'efficacité du collage.

Ici, on peut critiquer le protocole à l'acide fluorhydrique qui, comme vu précédemment, avec une application de 2 minutes d'un produit concentré à 9,6% peut diminuer les valeurs d'adhésion par un sur-mordantage de la céramique.

Cependant, en 2007, une étude a comparé les différents traitements de surface sur 100 blocs de céramique feldspathique et a mené des tests de résistance au cisaillement. (44)

Les résultats montrent une efficacité plus importante pour les groupes :

- HF
- Abrasion à l'alumine
- Projection de particules de silice.

Les moins bons résultats sont obtenus pour les groupes :

- APF
- Acide orthophosphorique
- Laser Er :YAG.

Les résultats des études sur l'APF ne sont pas clairs, mais avec un temps d'application prolongé pour obtenir des valeurs à peu près similaires à l'acide fluorhydrique et des résultats aux tests de résistance au cisaillement qui varient, on peut se demander si il est une alternative viable à l'HF.

2.8.2 Difluorure d'ammonium (45)

Le difluorure d'ammonium est un produit qui peut être utilisé dans le mordantage de la céramique. Il fait partie de la famille des polyfluorures d'ammonium, semblable à ceux utilisés dans le Monobond Etch and Prime.

Sa toxicité est plus faible que l'acide fluorhydrique.

Ce produit utilisé pour le mordantage doit être préparé à base de sels.



Figure 12 : Exemple de sels de difluorure d'ammonium commercialisés.

Source : internet

Une étude de 2011 compare son efficacité à l'HF et à l'acide orthophosphorique via des tests de résistance au cisaillement sur des blocs de céramique renforcés à la leucite. Chaque groupe a été divisé selon le temps d'application : 20, 60 et 120 secondes. (46)

Les résultats les plus bas sont obtenus avec le groupe contrôle et le groupe acide orthophosphorique alors que l'étude conclue que le difluorure d'ammonium montre des résultats similaires à l'HF.

Donc en 2011, avant la commercialisation de Monobond Etch and Prime, le pouvoir mordançant du difluorure d'ammonium et son effet positif sur les valeurs d'adhésion avait donc déjà été étudiées.

Compte tenu des résultats de cette étude on peut donc envisager le difluorure d'ammonium comme un produit alternatif moins toxique que l'acide fluorhydrique.

Une revue de littérature publiée en 2018 confirme ces résultats, le mordantage optimal est obtenu à l'aide d'acide fluorhydrique lorsque la durée d'application est courte, cependant, sur des durées plus importantes, l'APF et le le difluorure d'ammonium montrent une modification correcte et exploitable de la surface de la céramique. (47)

3. Alternatives à l'utilisation de l'acide fluorhydrique : Monobond Etch and Prime de Ivoclar Vivadent.

3.1 Présentation du produit

3.1.1 Composants (48)

3.1.1.1 Polyfluorures d'ammonium

Dans ce produit, l'acide fluorhydrique utilisé pour le mordantage de la céramique est remplacé par du polyfluorure d'ammonium.

Bien que ce produit soit corrosif, il possède une cytotoxicité bien plus faible que l'acide fluorhydrique et est moins toxique que plusieurs matériaux dentaires très bien tolérés et utilisés régulièrement dans notre profession.

Le polyfluorure d'ammonium va réagir avec la céramique sans émission d'acide fluorhydrique grâce à la forte affinité entre la silice et les ions fluorure.

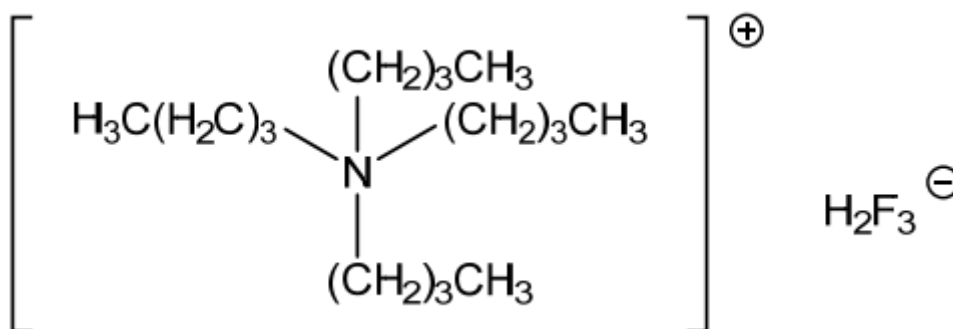


Figure 13 : Représentation du polyfluorure d'ammonium (48)

3.1.1.2 Silane

L'agent de silanisation de ce produit est similaire à ceux utilisés dans les primer conventionnels, il s'agit de trimethoxy-propyl-methacrylate.

3.2 Protocole de mise en place du Monobond Etch and Prime

Dans un premier temps, la restauration est essayée en bouche à l'aide d'une pâte d'essayage pour pouvoir vérifier la bonne intégration esthétique et la fonction.

Une fois validé, un champ opératoire est mis en place et un deuxième essayage est effectué afin d'être sûr que celui-ci ne gêne pas la bonne insertion de la restauration.

Pour la préparation de la pièce en céramique, on applique le Monobond Etch and prime dans l'intrados prothétique à l'aide d'une Micro-brush en frottant vigoureusement pendant 20 secondes, puis on laisse agir le produit pendant 40 secondes supplémentaires. La pièce est ensuite rincée abondamment puis séchée et mise de côté.

Pour ce qui est de la dent, on réalise un micro-sablage à l'aide de particules d'alumine de 25 microns, puis on rince et on réalise un mordantage total à l'aide d'un gel d'acide orthophosphorique concentré à 37,5% pendant 30 secondes.

La dent est ensuite rincée et séchée légèrement.

Un adhésif comme l'AdheSE Universal de chez Ivoclar Vivadent est appliqué à l'aide d'une Microbrush et frotté vigoureusement sur toute la surface dentaire. Un jet d'air est ensuite utilisé pour souffler les excès, puis l'adhésif est photopolymérisé pendant 30 secondes.

Un composite de collage à base de méthacrylates est appliqué dans l'intrados de la restauration comme le Variolink esthetic DC de chez Ivoclar Vivadent, les excès sont éliminés puis on réalise une photopolymérisation de 30 secondes par face.

Les excès restants sont éliminés, la restauration est polie et les points de contacts sont contrôlés à l'aide de fil dentaire.

La digue est retirée, l'occlusion est vérifiée et enfin une radio de contrôle post opératoire est réalisée.

3.3 Avantages et intérêts

Le principal intérêt de ce produit réside dans le fait qu'il ne contienne pas d'acide fluorhydrique dans sa composition, ce qui diminue fortement sa toxicité que ce soit pour le patient ou pour le praticien.

Comme vu précédemment l'HF est un agent très corrosif et toxique pour la santé. Bien qu'il n'y ait pas eu de rapport d'intoxication ou de brûlures graves dans le domaine dentaire, le principe de précaution nous impose d'essayer d'utiliser le moins possible ce produit si des alternatives équivalentes peuvent être mises en place, d'autant que la toxicité due à l'exposition chronique à l'HF dans le domaine dentaire n'a pas été étudiée.

On peut aussi citer ici comme avantage le gain de temps que cela apporte. En effet, l'application en une seule fois de l'agent mordant et du silane permet à l'opérateur un collage plus rapide de ses restaurations et laisse moins de place à la contamination du support de collage.

La simplicité du protocole, notamment au niveau du mordantage amène à des résultats au niveau des valeurs d'adhésion qui sont exploitables et évite à l'opérateur des temps d'application et des concentrations différentes de l'agent de mordantage en fonction de la céramique utilisée.

Enfin, ce produit peut être utilisé même si le laboratoire de prothèse réalise un mordantage à l'HF lui-même, sans risque de fragiliser la céramique.

3.4 Inconvénients et limites

Cependant ce produit peut présenter certains inconvénients. L'agent de silanisation n'est efficace que si le collage est réalisé à l'aide de produits à base de méthacrylates pour former les groupement siloxanes.

Le prix peut aussi être un inconvénient car le tarif de ce produit se trouve aux environs de 150 euros le flacon de 5 grammes, ce qui reste plus cher que l'achat séparé d'un silane et d'acide fluorhydrique.

Enfin, comme pour l'acide fluorhydrique, le MEP ne permet pas le mordantage de la céramique à base de zircone.

C'est l'application d'un primer spécifique à la zircone avant le collage qui permet une adhésion pérenne de celle-ci. (49)

3.5 Synthèse des études sur le Monobond Etch and Prime.

3.5.1 Etudes menées par Ivoclar Vivadent

Plusieurs études ont été menées par la partie recherche et développement de chez Ivoclar Vivadent. Nous allons ici nous attarder sur le protocole mis en place pour mesurer les valeurs d'adhésion procurées par leur produit mais aussi sur les résultats de quelques unes de leurs études.

Dans leur protocole, Ivoclar ont mesuré le Shear Bond Strength (résistance au cisaillement) et le Tensile Bond Strength (résistance à la traction).

Pour chaque étude, le primer est appliqué sur le bloc de céramique non préparé, puis l'autre substrat (en général un bloc de composite) est collé sur le bloc de céramique.

3.5.1.1 Résistance à la traction

2 études ont été menées par Ivoclar sur la résistance à la traction.

Conclusions de la 1^{ère} étude :

- Les valeurs de résistance à la traction sont comparables entre le groupe MBP et le groupe HF + MP. Les résultats sont comparables, que la colle utilisée soit le Variolink ou le Multilink.

On peut critiquer cette étude sur le nombre des différents blocs de céramique utilisés, ce qui n'est pas mentionné dans le protocole.

Conclusions de la 2^{ème} étude :

- On retrouve des résultats en faveur du Monobond Etch and Prime et du Monobond Plus plus qui sont comparables, que ce soit immédiatement ou après vieillissement (10000 cycles thermiques de 5 à 55°C).
Cependant les autres adhésifs universels montrent eux une faiblesse, notamment avec des décollements spontanés lors des cycles thermiques.

3.5.1.2 Résistance au cisaillement

Conclusion des études :

- Les forces d'adhésion les plus importantes sont obtenues avec le MEP et le HF + MP sur de l'IPS e.max.
- Tous les adhésifs universels, sauf le ScotchBond ont échoué au test de cisaillement après réalisation des cycles thermiques.

3.5.1.3 Pouvoir mordançant comparé à l'acide fluorhydrique

Résultats : On s'aperçoit que les motifs de déminéralisation de la surface de la céramique sont différents et moins prononcés pour les échantillons MEP que pour les échantillons HF. Les auteurs affirment cependant que ce mordantage est suffisant pour réaliser un bon collage au vu des valeurs obtenues aux tests de traction et de cisaillement vus précédemment.

On remarquera aussi que, si le produit est appliqué plus longtemps que prévu (2 minutes) un mordantage beaucoup plus important de la surface de la céramique (ici de l'IPS e.max) est observé lors de l'utilisation de l'HF contrairement au MEP qui pourrait amener à un sur-mordantage et un risque de fragilisation de la céramique.

Enfin, la résistance à la flexion de la céramique a été testée après application de MBEP pendant 60 secondes ou d'HF à 5% pendant 20 secondes.

Les résultats montrent une diminution de la résistance de la céramique après mordantage, cependant les auteurs nous indiquent que d'après certaines études, cette faiblesse serait comblée par le composite de collage utilisé ultérieurement.

3.5.2 Etudes indépendantes

Ivoclar Vivadent met aussi à disposition une liste d'études indépendantes pour prouver l'efficacité de leur produit. Ici, cette liste a été ignorée au maximum dans la mesure du possible en ne recherchant que les études les plus récentes sur le sujet dans un but d'objectivité optimale.

Ainsi, 10 études ont été sélectionnées, 5 concernant la résistance à la traction et 5 concernant la résistance au cisaillement.

3.5.2.1 Résistance à la traction

5 études ont été sélectionnées pour étudier la résistance à la traction :

- Wille S, Lehmann F, Kern M. Durability of Resin Bonding to Lithium Disilicate and Zirconia Ceramic using a Self-etching Primer. (50)
- Maier E, Bordihn V, Belli R, Taschner M, Petschelt A, Lohbauer U, et al. New Approaches in Bonding to Glass-Ceramic: Self-Etch Glass-Ceramic Primer and Universal Adhesives. (51)
- Tribst J, Anami LC, Özcan M, Bottino MA, Melo RM, Saavedra G. Self-etching Primers vs Acid Conditioning: Impact on Bond Strength Between Ceramics and Resin Cement. (52)
- Murillo-Gómez F, De Goes MF. Bonding effectiveness of tooth-colored materials to resin cement provided by self-etching silane primer after short- and long-term storage. (53)
- Colombo L do A, Murillo-Gómez F, De Goes MF. Bond Strength of CAD/CAM Restorative Materials Treated with Different Surface Etching Protocols. (54)

Conclusions de la 1^{ère} étude :

- Les résultats montrent une micro-géographie plus prononcée et plus profonde lors de l'utilisation de l'acide fluorhydrique que le MEP sur la vitrocéramique.
- Le MEP a peu d'effet mordant sur la zircone.
- Les auteurs concluent que sur le disilicate de lithium, le MEP donne des valeurs comparables au protocole HF + MP.
- Cependant sur la zircone, les auteurs nous rapportent des valeurs d'adhésion plus faibles avec le MEP qu'avec le protocole gold standard.

Conclusions de la 2^{ème} étude :

- Le groupe MEP donne des résultats qui ne diffèrent pas du groupe HF + silane et semble une alternative acceptable.

Conclusions de la 3^{ème} étude :

- Le MEP est idéal pour le collage aux vitrocéramiques compte tenu des bons résultats obtenus et des risques potentiels des protocoles mettant en place de l'acide fluorhydrique.

Conclusions de la 4^{ème} étude :

- Le protocole MBEP donne des valeurs similaires au protocole HF + silane.
- Les traitements de la céramique ont tous été affectés par le stockage prolongé dans l'eau. Le MBEP produit une rugosité de surface moindre que l'HF + Silane.

Conclusions de la 5^{ème} étude :

- Le protocole MBEP réalise moins d'altération de surface que HF + silane mais son efficacité est comparable.

3.5.2.2 Résistance au cisaillement

5 études ont été choisies pour étudier la résistance au cisaillement :

- El-Damanhoury HM, Gaintantzopoulou MD. Self-etching ceramic primer versus hydrofluoric acid etching: Etching efficacy and bonding performance. J Prostodont Res. janv 2018;62(1):75-83. (55)
- Lopes GC, Perdigão J, Baptista D, Ballarin A. Does a Self-etching Ceramic Primer Improve Bonding to Lithium Disilicate Ceramics? Bond Strengths and FESEM Analyses. Oper Dent. 1 mars 2019;44(2):210-8. (56)
- Guimarães HAB, Cardoso PC, Decurcio RA, Monteiro LJE, de Almeida LN, Martins WF, et al. Simplified Surface Treatments for Ceramic Cementation: Use of Universal Adhesive and Self-Etching Ceramic Primer. Int J Biomater. 2018;2018:2598073. (57)
- Cardenas AFM, Quintero-Calderon AS, Siqueira FSF de, Campos VS, Wendlinger M, Pulido-Mora CA, et al. Do Different Application Modes Improve the Bonding Performance of Self-etching Ceramic Primer to Lithium Disilicate and Feldspathic Ceramics? J Adhes Dent. 2019;21(4):319-27. (58),
- Siqueira FSF de, Campos VS, Wendlinger M, Muso RAC, Gomes JC, Reis A, et al. Effect of Self-Etching Primer Associated to Hydrofluoric acid or Silane on Bonding to Lithium Disilicate. Braz Dent J. avr 2019;30(2):171-8. (59)

Conclusions de la 1^{ère} étude :

- Les valeurs de résistances sont décrites comme « comparables » entre les traitements HF + MP et MEP, cependant le protocole à l'acide fluorhydrique reste le Gold standard en matière de collage des céramiques.

Conclusions de la 2^{ème} étude :

- Les valeurs d'adhésion obtenues avec le MEP sont plus faibles que toutes celles obtenues via des protocoles de mordantage à l'HF.
- Le MEP a montré des patrons de mordantage moins prononcés que tous les groupes à l'HF.
- Pour 2 groupes utilisant de l'HF on a remarqué un sur mordantage.

Conclusions de la 3^{ème} étude :

- Le MEP est une alternative efficace pour le collage des céramiques de par son protocole simplifié si il est utilisé avec un adhésif.

Conclusions de la 4^{ème} étude :

- Pour le disilicate de lithium, la combinaison application 60 secondes et réaction 40 secondes a donné de meilleurs résultats que le groupe contrôle HF + silane. Les groupes 5/40, 10/40 et 20/40 ont donné des résultats similaires au groupe contrôle.
- Pour la céramique feldspathique, les résultats obtenus sont comparables pour tous les groupes.

Conclusions de la 5^{ème} étude :

- Après 1 an, les valeurs de collage ont diminué pour tous les groupes.
- MEP peut être une alternative au traitement traditionnel des céramiques car les résultats sont similaires sur les 2 groupes.
- L'association HF + MEP ou Silane + MEP n'ajoute aucun bénéfice en termes d'interaction chimique et de stabilité du collage.

3.5.2.3 Pouvoir mordançant comparé à l'acide fluorhydrique

Les études indépendantes montrent les mêmes résultats que pour les études menées par Ivoclar Vivadent.

En effet, on retrouve une micro-géographie de déminéralisation moins prononcée et moins profonde avec le MBEP qu'avec l'HF quel que soit le temps d'application du produit.

Comme vu grâce aux études précédentes, on peut dire que malgré cela, le MBEP peut donner des valeurs d'adhésion similaires que le protocole standard, sans risque de sur mordantage, contrairement au protocole à l'acide fluorhydrique qui change en fonction de la nature de la céramique, de la concentration en acide et du temps d'application de celui-ci.

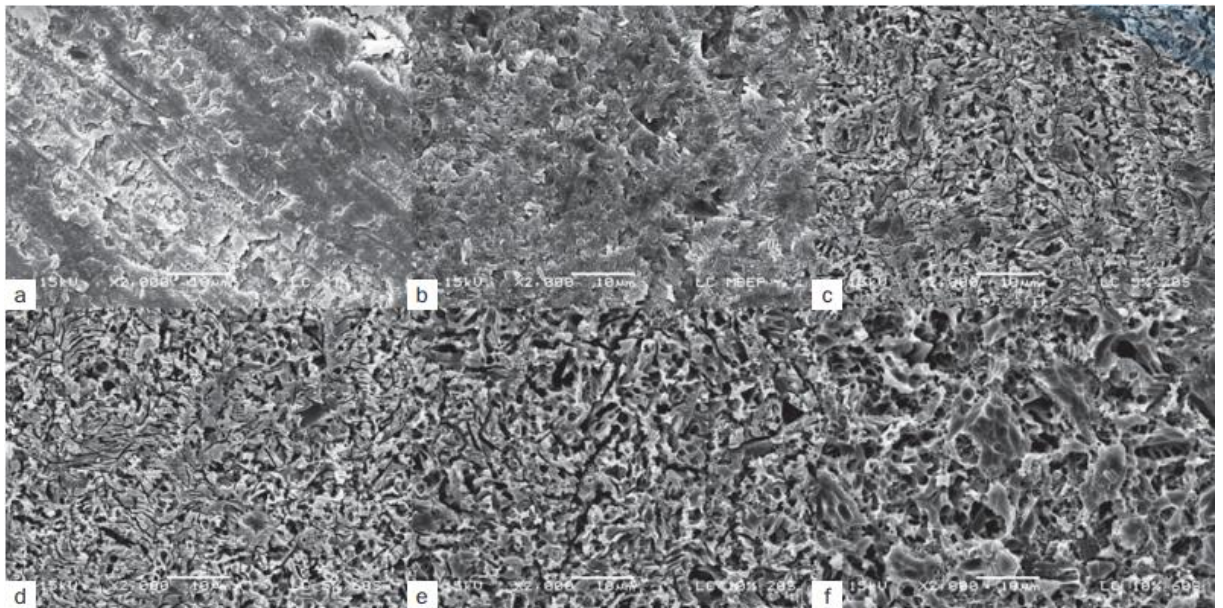


Fig 3 Images resulting from all surface treatments tested on LC (IPS-empress CAD). For the treatments tested, from less aggressive to most aggressive (a: control; b: MBEP; c: HF5% 20 s; d: HF 5% 60 s; e: HF 10% 20 s; and f: HF 10% 60 s), a circular etching pattern was found with distinct degrees of vitreous phase dissolution. Image a shows no dissolution of the vitreous phase, image b shows mild dissolution, while there is an increase in the degree of vitreous phase dissolution with higher HF concentrations and application times shown in images c through f.

Figure 14 : Images au microscope électronique de l'état de surface de la céramique après plusieurs traitements par acide fluorhydrique. (54)

3.5.3 Synthèse des résultats

Après analyse des études précédentes, qu'elles soient fournies par Ivoclar Vivadent ou menées indépendamment, on peut conclure que :

- Le MBEP montre un pouvoir mordançant de la céramique plus limité que l'acide fluorhydrique, quel que soit sa concentration ou son temps d'application, avec une micro-géographie moins profonde et moins prononcée.
- Cependant, les valeurs obtenues aux tests de résistance à la traction et de résistance au cisaillement sont en général comparables entre le protocole MBEP et HF + silane, que ce soit après fatigue thermique ou pas.
- Le MBEP n'a pas montré d'efficacité pour le mordantage de la zircone.
- Le MBEP peut être une alternative fiable au protocole standard et permet une utilisation et une mise en place plus simple.

Conclusion

Avec les nombreuses avancées technologiques ces dernières années, tant sur l'apparition de nouvelles céramiques que sur la diversification des systèmes et protocoles de collage, réaliser un collage optimal en toutes circonstances est devenu une tâche compliquée.

Le protocole conforme aux bonnes pratiques, recommandé aujourd'hui, utilise l'acide fluorhydrique comme produit de mordantage mais celui-ci peut être nocif, que ce soit pour l'opérateur et le patient, pour l'environnement, ou même pour le collage du fait de sa présentation sous différentes concentrations et son application sur des durées mal définies.

Les études menées sur des alternatives à l'acide fluorhydrique, notamment le sablage aux particules d'alumine recouvertes de silice, semblent montrer leur efficacité.

Commercialisé en 2015, le Monobond Etch and Prime propose de simplifier les protocoles de préparation de la céramique avant collage, avec un temps d'application relativement faible, de mordancer efficacement la céramique sans utilisation d'acide fluorhydrique, tout en permettant des valeurs de collage équivalentes au protocole gold standard.

Après analyse des études les plus récentes sur le produit, on peut donc conclure qu'il semble très efficace, avec certaines valeurs, certes un peu moins élevées que celles souhaitées, mais cependant tout à fait exploitables dans la pratique quotidienne. Par exemple des valeurs de TBS de 19,9 MPa pour le MEP et de 23,7 MPa pour HF 10% pendant 20 secondes obtenues dans une des études les plus récentes. (54)

Table des figures

Figure 1 : Variolink esthetic DC, Ivoclar Vivadent.....	19
Figure 2 : Superbond, C&B.....	20
Figure 3 : Relyx Unicem 2 Automix.....	21
Figure 4 : Classification des nouvelles céramiques dentaires (17).....	26
Figure 5 : Schéma de réaction (24).....	31
Figure 6 : Lésions provoquées par de l'acide fluorhydrique (27).....	32
Figure 7 : Solution de gluconate de Calcium 10%.....	34
Figure 8 : Récipients en polyéthylène.....	36
Figure 9 : Images au microscope électronique de l'état de surface de la céramique après HF 10% pendant 60 secondes, embouts caoutchouc abrasifs et aucun traitement (38).....	40
Figure 10 : Exemple de gel d'APF commercialisé.....	42
Figure 11 : Images au microscope électronique de la surface de la céramique après application d'APF 1,23% 10 minutes ou d'acide fluorhydrique 9,6% pendant 2 minutes (42).....	43
Figure 12 : Exemple de sels de difluorure d'ammonium commercialisés.....	45
Figure 13 : Représentation du polyfluorure d'ammonium (48).....	46
Figure 14 : Images au microscope électronique de l'état de surface de la céramique après plusieurs traitements par acide fluorhydrique (54).....	56

Table des tableaux

Tableau 1 : Tableau des valeurs limites d'exposition professionnelles (21).....	33
Tableau 2 : Tableau 32 des maladies professionnelles (28).....	33
Tableau 3 : Tableau des solutions de neutralisation de l'acide fluorhydrique (33).....	37

Références bibliographiques

1. Akon Laba B.B. Revue de littérature : Les matériaux de scellement et de collage en prothèse fixée. *Rev Iv Odonto-Stomatol.* 2014;16(2):46-51.
2. Tian T, Tsoi JK-H, Matinlinna JP, Burrow MF. Aspects of bonding between resin luting cements and glass ceramic materials. *Dent Mater.* juill 2014;30(7):e147-162.
3. Guastalla O, Viennot S, Allard Y. Collages en odontologie. *EMC - Odontologie.* 1 sept 2005;1(3):193-201.
4. Kharouf N, Mancino D, Naji-Amrani A, Eid A, Haikel Y, Hemmerle J. Effectiveness of Etching by Three Acids on the Morphological and Chemical Features of Dentin Tissue. *J Contemp Dent Pract.* 1 août 2019;20(8):915-9.
5. Cardenas AFM, Siqueira FSF, Bandeca MC, Costa SO, Lemos MVS, Feitora VP, et al. Impact of pH and application time of meta-phosphoric acid on resin-enamel and resin-dentin bonding. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2018;78:352-61.
6. Puppini-Rontani J, Sundfeld D, Costa AR, Correr AB, Puppini-Rontani RM, Borges GA, et al. Effect of Hydrofluoric Acid Concentration and Etching Time on Bond Strength to Lithium Disilicate Glass Ceramic. *Oper Dent.* déc 2017;42(6):606-15.
7. Veríssimo AH, Moura DMD, Tribst JPM, Araújo AMM de, Leite FPP, Souza RO de AE. Effect of hydrofluoric acid concentration and etching time on resin-bond strength to different glass ceramics. *Braz Oral Res.* 2019;33:e041.
8. Matinlinna JP, Lung CYK, Tsoi JKH. Silane adhesion mechanism in dental applications and surface treatments: A review. *Dent Mater.* janv 2018;34(1):13-28.
9. Blatz MB, Sadan A, Kern M. Resin-ceramic bonding: a review of the literature. *J Prosthet Dent.* mars 2003;89(3):268-74.
10. Romanini-Junior JC, Kumagai RY, Ortega LF, Rodrigues JA, Cassoni A, Hirata R, et al. Adhesive/silane application effects on bond strength durability to a lithium disilicate ceramic. *J Esthet Restor Dent.* 2018;30(4):346-51.
11. Romain Cheron, Michel Degrange. Colles et ciments : s'y retrouver et choisir. *L'information dentaire.* 3 mai 2007;(18).
12. Congrès de l'Association Dentaire Française | PARIS | Palais des Congrès [Internet]. [cité 1 nov 2020]. Disponible sur: <https://www.adfcongres.com/quintessence2018/199/>
13. Ferracane JL, Stansbury JW, Burke FJT. Self-adhesive resin cements - chemistry, properties and clinical considerations. *J Oral Rehabil.* avr 2011;38(4):295-314.
14. McLaren EA, Figueira J. Updating Classifications of Ceramic Dental Materials: A Guide to Material Selection. *Compend Contin Educ Dent.* juin 2015;36(6):400-5; quiz 406, 416.

15. Dejou.J. Les céramiques, Société francophone de biomatériaux dentaires [Internet]. 2009 [cité 4 oct 2020]. Disponible sur: <http://campus.cerimes.fr/odontologie/enseignement/chap17/site/html/3.html>
16. Zhang Y, Lawn BR. Evaluating dental zirconia. *Dent Mater.* 2019;35(1):15-23.
17. Gracis S, Thompson VP, Ferencz JL, Silva NRFA, Bonfante EA. A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. *Int J Prosthodont.* juin 2015;28(3):227-35.
18. Code on Dental Procedures and Nomenclature (CDT) [Internet]. [cité 11 nov 2020]. Disponible sur: <https://www.ada.org/en/publications/cdt>
19. Facenda JC, Borba M, Corazza PH. A literature review on the new polymer-infiltrated ceramic-network material (PICN). *J Esthet Restor Dent.* 2018;30(4):281-6.
20. SA. KOUBI, G. WEISROK, G. COUDERC, G. LABORDE, P. MARGOSSIAN. Le collage des céramiques à matrice de verre : quand méthode rime avec reproductibilité. *Réalités cliniques.* 2010;21(3):41-51.
21. Pascal Serre, Stéphane Malard. Acide fluorhydrique en solution aqueuse. Risques à l'utilisation en milieu professionnel et mesures de prévention [Internet]. INRS; 2016. Disponible sur: <http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206223>
22. Ozcan M, Allahbeickaraghi A, Dünder M. Possible hazardous effects of hydrofluoric acid and recommendations for treatment approach: a review. *Clin Oral Investig.* févr 2012;16(1):15-23.
23. Ozcan M, Alander P, Vallittu PK, Huysmans M-C, Kalk W. Effect of three surface conditioning methods to improve bond strength of particulate filler resin composites. *J Mater Sci Mater Med.* janv 2005;16(1):21-7.
24. Verhaverbeke S, Teerlinck I, Vinckier C, Stevens G, Cartuyvels R, Heyns MM. The Etching Mechanisms of SiO₂ in Hydrofluoric Acid. *J Electrochem Soc.* 1 oct 1994;141(10):2852.
25. Shimada Y, Yamaguchi S, Tagami J. Micro-shear bond strength of dual-cured resin cement to glass ceramics. *Dent Mater.* juill 2002;18(5):380-8.
26. Bertolini JC. Hydrofluoric acid: a review of toxicity. *J Emerg Med.* avr 1992;10(2):163-8.
27. Wang S, Dai G. Hydrofluoric acid burn. *CMAJ.* 18 mars 2019;191(11):E314-E314.
28. RG 32. Tableau - Tableaux des maladies professionnelles - INRS [Internet]. [cité 11 nov 2020]. Disponible sur: <https://www.inrs.fr/publications/bdd/mp/tableau.html?refINRS=RG%2032>
29. Iverson RE, Laub DR, Madison MS. Hydrofluoric acid burns. *Plast Reconstr Surg.* août 1971;48(2):107-12.
30. A Peltier. Utilisation de l'acide fluorhydrique dans les laboratoires de chimie. *Hygiène et sécurité du travail.* trimestre 2000;(178).

31. M Bisson. Acide fluorhydrique. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques. 2 sept 2011;
32. Protocole de collage simplifié pour une adhésion pérenne. Dentoscope. (149).
33. HF neutralization table [Internet]. 2007. Disponible sur: <http://www.eurofluor.org/publications-and-recommendations/>
34. Venturini AB, Prochnow C, May LG, Bottino MC, Felipe Valandro L. Influence of hydrofluoric acid concentration on the flexural strength of a feldspathic ceramic. *J Mech Behav Biomed Mater.* août 2015;48:241-8.
35. Ozcan M, Valandro LF, Amaral R, Leite F, Bottino MA. Bond strength durability of a resin composite on a reinforced ceramic using various repair systems. *Dent Mater.* déc 2009;25(12):1477-83.
36. Tinschert J, Zvez D, Marx R, Anusavice KJ. Structural reliability of alumina-, feldspar-, leucite-, mica- and zirconia-based ceramics. *J Dent.* sept 2000;28(7):529-35.
37. de Melo RM, Valandro LF, Bottino MA. Microtensile bond strength of a repair composite to leucite-reinforced feldspathic ceramic. *Braz Dent J.* 2007;18(4):314-9.
38. Bergoli CD, de Carvalho RF, Luz JN, Luz MS, Meincke DK, Saavedra G de SF. Ceramic Repair Without Hydrofluoric Acid. *J Adhes Dent.* 2016;18(4):283-7.
39. Loomans B a. C, Mine A, Roeters FJM, Opdam NJM, De Munck J, Huysmans MCDNJM, et al. Hydrofluoric acid on dentin should be avoided. *Dent Mater.* juill 2010;26(7):643-9.
40. Acidulated Fluorophosphate - an overview | ScienceDirect Topics [Internet]. [cité 7 nov 2020]. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/acidulated-fluorophosphate>
41. Kukiattrakoon B, Thammasitboon K. The effect of different etching times of acidulated phosphate fluoride gel on the shear bond strength of high-leucite ceramics bonded to composite resin. *J Prosthet Dent.* juill 2007;98(1):17-23.
42. Kukiattrakoon B, Thammasitboon K. Optimal acidulated phosphate fluoride gel etching time for surface treatment of feldspathic porcelain: on shear bond strength to resin composite. *Eur J Dent.* janv 2012;6(1):63-9.
43. al Edris A, al Jabr A, Cooley RL, Barghi N. SEM evaluation of etch patterns by three etchants on three porcelains. *J Prosthet Dent.* déc 1990;64(6):734-9.
44. Shiu P, De Souza-Zaroni WC, Eduardo C de P, Youssef MN. Effect of feldspathic ceramic surface treatments on bond strength to resin cement. *Photomed Laser Surg.* août 2007;25(4):291-6.
45. PubChem. Ammonium bifluoride [Internet]. [cité 7 nov 2020]. Disponible sur: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/14935>
46. Pattanaik S, Wadkar AP. Effect of etchant variability on shear bond strength of all ceramic restorations - an in vitro study. *J Indian Prosthodont Soc.* mars 2011;11(1):55-62.

47. Bajraktarova-Valjakova E, Grozdanov A, Guguvcevski L, Korunoska-Stevkovska V, Kapusevska B, Gigovski N, et al. Acid Etching as Surface Treatment Method for Luting of Glass-Ceramic Restorations, part 1: Acids, Application Protocol and Etching Effectiveness. *Open Access Maced J Med Sci*. 15 mars 2018;6(3):568-73.
48. Ivoclar Vivadent. Scientific documentation monobond etch and prime.
49. Steiner R, Heiss-Kisielewsky I, Schwarz V, Schnabl D, Dumfahrt H, Laimer J, et al. Zirconia Primers Improve the Shear Bond Strength of Dental Zirconia. *J Prosthodont*. janv 2020;29(1):62-8.
50. Wille S, Lehmann F, Kern M. Durability of Resin Bonding to Lithium Disilicate and Zirconia Ceramic using a Self-etching Primer. *J Adhes Dent*. 2017;19(6):491-6.
51. Maier E, Bordihn V, Belli R, Taschner M, Petschelt A, Lohbauer U, et al. New Approaches in Bonding to Glass-Ceramic: Self-Etch Glass-Ceramic Primer and Universal Adhesives. *J Adhes Dent*. 2019;21(3):209-17.
52. Tribst J, Anami LC, Özcan M, Bottino MA, Melo RM, Saavedra G. Self-etching Primers vs Acid Conditioning: Impact on Bond Strength Between Ceramics and Resin Cement. *Oper Dent*. août 2018;43(4):372-9.
53. Murillo-Gómez F, De Goes MF. Bonding effectiveness of tooth-colored materials to resin cement provided by self-etching silane primer after short- and long-term storage. *J Prosthet Dent*. avr 2019;121(4):713.e1-713.e8.
54. Colombo L do A, Murillo-Gómez F, De Goes MF. Bond Strength of CAD/CAM Restorative Materials Treated with Different Surface Etching Protocols. *J Adhes Dent*. 2019;21(4):307-17.
55. El-Damanhoury HM, Gaintantzopoulou MD. Self-etching ceramic primer versus hydrofluoric acid etching: Etching efficacy and bonding performance. *J Prosthodont Res*. janv 2018;62(1):75-83.
56. Lopes GC, Perdigão J, Baptista D, Ballarin A. Does a Self-etching Ceramic Primer Improve Bonding to Lithium Disilicate Ceramics? Bond Strengths and FESEM Analyses. *Oper Dent*. 1 mars 2019;44(2):210-8.
57. Guimarães HAB, Cardoso PC, Decurcio RA, Monteiro LJE, de Almeida LN, Martins WF, et al. Simplified Surface Treatments for Ceramic Cementation: Use of Universal Adhesive and Self-Etching Ceramic Primer. *Int J Biomater*. 2018;2018:2598073.
58. Cardenas AFM, Quintero-Calderon AS, Siqueira FSF de, Campos VS, Wendlinger M, Pulido-Mora CA, et al. Do Different Application Modes Improve the Bonding Performance of Self-etching Ceramic Primer to Lithium Disilicate and Feldspathic Ceramics? *J Adhes Dent*. 2019;21(4):319-27.
59. Siqueira FSF de, Campos VS, Wendlinger M, Muso RAC, Gomes JC, Reis A, et al. Effect of Self-Etching Primer Associated to Hydrofluoric acid or Silane on Bonding to Lithium Disilicate. *Braz Dent J*. avr 2019;30(2):171-8.

Annexes

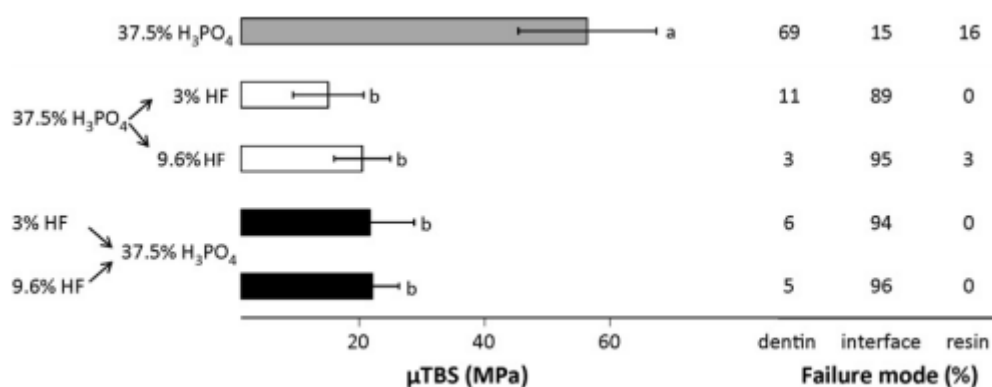
Annexe 1 : Résultats de l'étude (25)

Table 2

Micro-shear bond strength (MPa) (groups identified by different superscript letters were significantly different ($P < 0.01$))

	SE bond primer		SE bond primer + porcelain activator	
	Mean (SD)	N	Mean (SD)	N
Group 1; sandblasted	22.60 (4.70) ^b	10	32.3 (3.49) ^a	10
Group 2; polished	7.39 (2.53) ^c	10	29.8 (4.14) ^a	10
Group 3; HF for 5 s	25.90 (1.87) ^b	10	31.7 (6.93) ^a	10
Group 4; HF for 30 s	23.30 (5.64) ^b	10	23.9 (5.46) ^b	10
Group 5; H ₃ PO ₄ for 5 s	6.63 (3.83) ^c	10	32.4 (6.40) ^a	10
Group 6; H ₃ PO ₄ for 60 s	7.72 (5.41) ^c	10	30.7 (5.87) ^a	10

Annexe 2 : Résultats de l'étude (39)



Annexe 3 : Résultats de l'étude (41)

Groups	Surface treatment		Mean $\pm$ SD (MPa)	Tukey group *
	Agent	Etching time (min)		
C	No treatment	0	6.48 $\pm$ 1.18	A
APF1	1.23% APF gel	1	10.91 $\pm$ 1.11	B
APF2	1.23% APF gel	2	11.98 $\pm$ 1.11	B
APF3	1.23% APF gel	3	12.09 $\pm$ 1.07	B
APF4	1.23% APF gel	4	13.81 $\pm$ 1.59	C
APF5	1.23% APF gel	5	15.29 $\pm$ 1.77	C
APF6	1.23% APF gel	6	16.05 $\pm$ 2.07	D
APF7	1.23% APF gel	7	16.19 $\pm$ 1.87	D
APF8	1.23% APF gel	8	16.39 $\pm$ 1.58	D
APF9	1.23% APF gel	9	16.77 $\pm$ 1.55	D
APF10	1.23% APF gel	10	17.17 $\pm$ 1.58	D
HF2	9.6% HF acid	2	18.01 $\pm$ 1.55	D

Annexe 4 : Résultats de l'étude (44)

TABLE 2. MEAN SHEAR BOND STRENGTH (X), MINIMUM (MIN), MAXIMUM (MAX) VALUES AND STANDARD DEVIATIONS (SD) FOR EACH GROUP

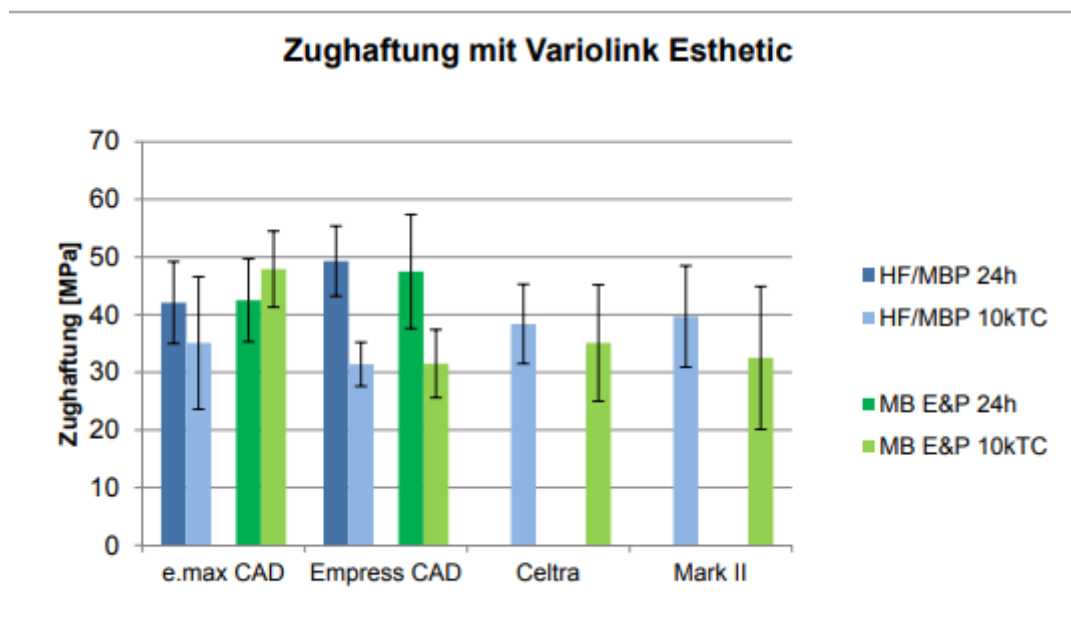
Group	X	Min	Max	SD
1	4.15	1.68	8.88	2.10
2	16.80	8.35	24.73	5.15
3	3.08	1.54	5.45	1.49
4	5.41	4.03	8.57	1.47
5	9.66	6.39	13.55	2.51
6	16.22	8.80	22.81	4.28
7	9.88	6.68	13.32	2.76
8	15.14	11.56	20.36	2.65
9	3.67	1.32	7.41	2.18
10	9.53	6.04	13.11	2.22

Annexe 5 : Résultats de l'étude (46)

Table 5 Comparison of bond strength between group II and group III

Shear bond strength (MPa)	Group				Unpaired <i>t</i> test applied		
	Group II		Group III		<i>t</i> Value	<i>P</i> value	Significance
	Mean	SD	Mean	SD			
A (20 s)	9.66	0.52	8.65	0.85	2.25	0.054	Not significant
B (60 s)	12.49	0.86	12.23	0.59	0.54	0.603	Not significant
C (120 s)	15.03	0.62	14.41	0.36	1.89	0.095	Not significant

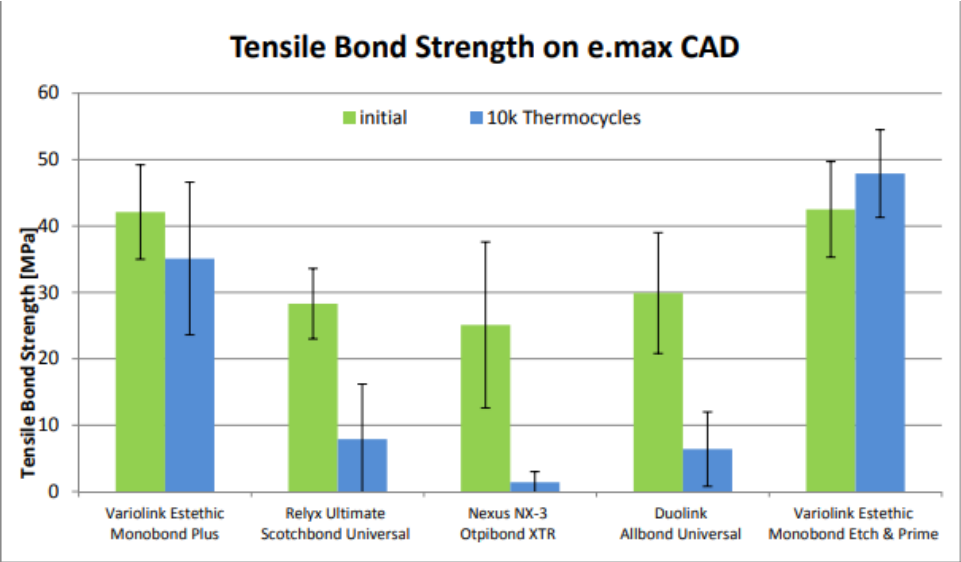
Annexe 6 : Résultats de la 1ere étude Ivoclar



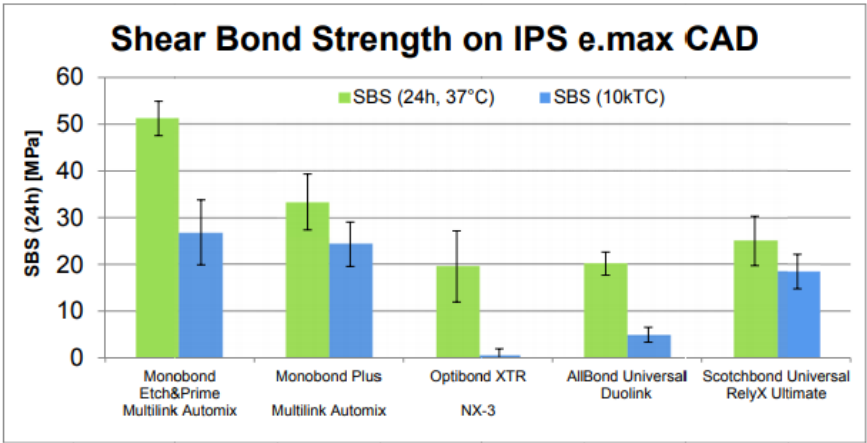
Annexe 7 : Produits 2^{ème} étude Ivoclar

Manufacturer		Primer / Adhesive	Luting composite
3M ESPE	HF	Scotchbond Universal	RelyX Ultimate
Kerr	HF	Optibond XTR	Nexus NX-3
BISCO	HF	Allbond Universal	Duolink
Ivoclar Vivadent	HF	Monobond Plus	Variolink Esthetic DC
	no HF	Monobond Etch & Prime	

Annexe 8 : résultats de la 2^{ème} étude Ivoclar



Annexe 9 : Résultats de la 3^{ème} étude Ivoclar



Annexe 10 : Protocole de la 4ème étude Ivoclar

Ceramic	IPS Ceramic Etching Gel	Monobond Etch & Prime
IPS e.max CAD	20 s rinse with water	scrub for 20s leave to react for 40s rinse with water blow dry
IPS Empress CAD	60s rinse with water	
Celtra	30s rinse with water	
Mark II	60s rinse with water	

Annexe 11 : Résultats de l'étude (50) :

Group	3 days, no thermocycling	30 days, 7500 thermal cycles
MP-Li	34.3 ± 2.9 ^{A,a}	17.2 ± 2.4 ^{A,b}
ME-Li	33.5 ± 1.7 ^{A,a}	20.4 ± 4.0 ^{A,b}
MP-Zr	31.1 ± 3.5 ^{A,a}	25.2 ± 2.9 ^{A,b}
ME-Zr	24.4 ± 0.8 ^{B,a}	14.1 ± 2.4 ^{B,b}

Annexe 12 : Résultats de l'étude (51)

	Mean tensile Bonds Strength (MPa)							
	Group 1 HF etch O only		Group 2 HF etch & silane		Group 3 Monobond E&P		Group 4 no etch	
	24h	TC	24h	TC	24h	TC	24h	TC
iBOND Universal (Heraeus Kulzer)	30.8 (5.85) ^a	19.12 (5.38) ^b	53.03 (8.63) ^a	46.35 (9.17) ^b	41.12 (9.66) ^a	35.77 (6.29) ^a	2.24 (3.95) ^a	0.00 (0.00) ^a
Scotchbond Universal (3M Oral Care)	15.43 (6.29) ^a	8.72 (3.43) ^b	43.29 (8.47) ^a	39.83 (6.94) ^a	39.67 (6.59) ^a	39.63 (9.18) ^a	5.63 (3.45) ^a	0.01 (0.02) ^b
Futurabond U (Voco)	11.8 (4.86) ^a	12.22 (4.76) ^a	45.44 (7.34) ^a	46.87 (8.66) ^a	43.96 (6.99) ^a	45.73 (9.31) ^a	5.1 (3.33) ^a	0.17 (0.32) ^a
Heliobond (Ivoclar Vivadent)	24.74 (5.07) ^a	25.15 (8.03) ^a	45.47 (5.40) ^a	41.79 (12.5) ^a	47.46 (7.51) ^a	41.32 (8.26) ^b	2.96 (2.45) ^a	0.23 (0.32) ^a

Annexe 13 : Résultats de l'étude (52) :

	Lithium Disilicate		Feldspathic	
	Plus	EP	Plus	EP
Baseline	22.60 $\pm$ 3.0 ^A	24.73 $\pm$ 6.9 ^A	21.35 $\pm$ 2.5 ^A	24.66 $\pm$ 4.5 ^A
TC	16.05 $\pm$ 4.0 ^B	16.08 $\pm$ 5.4 ^B	18.26 $\pm$ 3.3 ^B	19.53 $\pm$ 2.3 ^B

Annexe 14 : Résultats de l'étude (53)

Material	Surface Treatment and Storage Time						Tukey-material
	C		HF+S		MBEP		
	24 h	1 y	24 h	1 y	24 h	1 y	
LDC	-	-	13.5 ±1.8	10.0 ±3.1	15.5 ±6.6	13.4 ±5.3	LDC: 13.1 ±4.8 B
	ptf: 10/10	ptf: 10/10	ptf: 0/10	ptf: 0/10	ptf: 0/10	ptf: 0/10	
LEU	-	-	13.0 ±3.9	12.1 ±2.2	20.4 ±11.0	13.4 ±1.4	LEU: 14.7 ±6.7 B
	ptf: 10/10	ptf: 10/10	ptf: 0/10	ptf: 0/10	ptf: 0/10	ptf: 0/10	
PIC	16.6 ±5.2	11.7 ±5.0	29.6 ±10.0	29.1 ±8.5	32.3 ±5.2	28.1 ±6.2	PIC: 24.6 ±10.1 A
	ptf: 0/10	ptf: 0/10	ptf: 0/10	ptf: 0/10	ptf: 0/10	ptf: 0/10	
Tukey "surface treatment"	C: 14.2 ±5.5 B		HF+S: 17.9 ±10.0 A		MBEP: 20.5 ±9.7 A		
Tukey "storage time"			24 h: 15.6 ±7.1 A	1 y: 12.3 ±3.5 B			

Annexe 15 : Résultats de l'étude (54)

Material	C	HF 5%, 20 s	HF 5%, 60 s	HF10%, 20 s	HF10%, 60 s	MBEP	Tukey (p<0.05)
DL	-	19.8 (5.3)	16.7 (4.7)	23.7 (8.0)	19.7 (4.4)	19.9 (9.5)	19.8 (6.5) ^b
LC	-	18.0 (4.0)	20.6 (3.6)	16.8 (3.8)	20.7 (5.2)	18.7 (3.9)	19.0 (4.2) ^b
RMCC	9.0 (3.9)	21.6 (7.9)	25.7 (8.6)	26.1 (7.7)	21.6 (9.6)	24.5 (7.8)	22.8 (8.9) ^a
Tukey (p<0.05)	9.0 (3.9) ^B	19.8 (6.0) ^A	21.2 (6.9) ^A	22.1 (7.6) ^A	20.8 (6.8) ^A	21.3 (7.3) ^A	

Annexe 16 : Résultats de l'étude (55)

Surface pretreatment	Mean SBS $\pm$ SD		
	IPS e.max CAD (EM)	Vita Blocs Mark II (VM)	Vita Enamic (VE)
NT	1.62 $\pm$ 2.0 ^{a,A}	1.82 $\pm$ 3.18 ^{a,A}	3.43 $\pm$ 4.06 ^{a,A}
MP	27.19 $\pm$ 5.54 ^{b,A}	17.22 $\pm$ 6.77 ^{b,B}	14.69 $\pm$ 6.78 ^{b,B}
HFMP	37.60 $\pm$ 10.68 ^{c,A}	27.97 $\pm$ 6.38 ^{c,B}	21.33 $\pm$ 5.03 ^{bc,B}
MEP	28.06 $\pm$ 10.61 ^{b,A}	14.74 $\pm$ 4.81 ^{b,B}	25.96 $\pm$ 11.58 ^{c,A}

Annexe 17 : Résultats de l'étude (56)

Group	Etchant	Ceramic Primer	Failure Mode (%)	Mean ^a $\pm$ SD
CON	None	Monobond Plus Ivoclar Vivadent	A = 100 M = 00 CR = 0 CC = 0	0.0 $\pm$ 0.0 D
IVO	$\leq$ 5% HF Ivoclar Vivadent		A = 40 M = 47 CR = 13 CC = 0	15.0 $\pm$ 4.1 A
VIT	$\leq$ 5% HF $<$ 10% sulfuric acid VITA Zahnfabrik		A = 33 M = 67 CR = 0 CC = 0	8.1 $\pm$ 2.7 B
FGM	5% HF FGM Produtos Odontológicos		A = 27 M = 67 CR = 6 CC = 0	7.6 $\pm$ 1.7 B
ULT	9% HF Ultradent Products, Inc		A = 34 M = 60 CR = 6 CC = 0	8.0 $\pm$ 2.2 B
PRM	9.6% HF Premier Dental Products		A = 14 M = 80 CR = 6 CC = 0	8.5 $\pm$ 2.6 B
BIS	9.5% HF Bisco, Inc		A = 27 M = 73 CR = 0 CC = 0	8.6 $\pm$ 2.0 B
DEN	10% HF Dentsply Brasil		A = 40 M = 60 CR = 0 CC = 0	8.7 $\pm$ 2.8 B
MEP	Monobond Etch & Prime Ivoclar Vivadent		A = 73 M = 27 CR = 0 CC = 0	3.8 $\pm$ 1.9 C

Annexe 18 : Résultats de l'étude (57)

Groups	Shear bond strength (mean)	Standard deviation	Confidence interval
H/S/A	9.60 ^A	2.50	7.81-11.39
H/S	10.22 ^A	3.28	7.89-12.57
H/S/UA	7.39 ^{A,B,C}	2.02	5.98-8.84
H/UA	4.28 ^C	1.32	3.33-5.23
MBEP/A	9.00 ^{A,B}	1.97	7.59-10.41
MBEP	6.18 ^{B,C}	2.75	4.21-8.15

Annexe 19 : Résultats de l'étude (58)

Experimental groups		EMX	VTR
Hydrofluoric acid + silane		31.17 ± 1.0 B	27.62 ± 1.5 a
MEP (scrubbing time/reaction time)	5/20	14.43 ± 0.3 D	27.61 ± 1.3 a
	10/20	20.00 ± 1.5 C	27.31 ± 2.5 a
	20/20	25.07 ± 0.8 C	28.15 ± 1.9 a
	40/20	32.40 ± 1.8 AB	27.70 ± 1.6 a
	60/20	33.57 ± 1.1 AB	29.10 ± 1.2 a
	5/40	32.03 ± 1.1 B	27.90 ± 1.0 a
	10/40	31.50 ± 0.6 B	27.09 ± 1.4 a
	20/40	33.27 ± 1.2 AB	27.78 ± 1.4 a
	40/40	31.90 ± 1.7 AB	28.05 ± 1.3 a
	60/40	35.30 ± 1.6 A	28.49 ± 0.3 a

Annexe 20 : Résultats de l'étude (59) :

Experimental Groups	Immediate	1-year
HF + SI	30.97 ± 0.5 A	16.89 ± 1.0 B
MEP	32.70 ± 1.8 A	16.86 ± 0.7 B
HF + MEP	29.27 ± 2.3 A	17.81 ± 1.9 B
MEP + SI	30.05 ± 2.3 A	17.86 ± 0.8 B

Peut-on éliminer l'acide fluorhydrique dans le protocole de collage des pièces en céramique ? / **HANON Théo**- p72 : ill. 17 ; réf. 59.

Domaines : Prothèse Fixée

Mots clés Rameau: Fluorhydrique, Acide ; Fluorhydrique, Acide-Toxicologie ; Matériaux céramiques dentaires ; Collages en odontostomatologie ; Collage céramique sur métal ; Matériaux-Propriétés mécaniques

Mots clés FMeSH: Acide fluorhydrique ; Collage dentaire ; Résistance au cisaillement ; Résistance à la flexion ; Propriétés de surface

Mots clés Libres : Mordançage ; Alternatives au mordançage ; Toxicité acide ; Monobond Etch an Prime® ; Ivoclar Vivadent™ ; Collage céramique ; Primer céramique ; Conditionnement de surface ; Polyfluorures d'ammonium ; Pouvoir mordançant

Résumé de la thèse :

Depuis quelques années, le développement de la commercialisation et de l'utilisation des systèmes adhésifs dans le cadre des soins dentaires a permis une approche différente de la prise en charge de nos patients.

Avec le temps, les protocoles de collage se sont développés et les composants se sont multipliés permettant d'augmenter grandement les valeurs d'adhésion, notamment des pièces en céramique.

Cependant, même si l'apport de certains produits dans l'augmentation des valeurs d'adhésion des céramiques n'est plus à prouver, l'utilisation de ceux-ci, comme l'acide fluorhydrique, dans les protocoles de mordançage des restaurations vitrocéramiques peut poser des problèmes, tant sur le plan de la sécurité dans les phases de manipulation que sur le plan de l'élimination et de ses conséquences environnementales.

Après un rappel sur les systèmes de collage ainsi que sur les différents types de céramique et leur composition dans le cadre des restaurations dentaires, nous nous attarderons sur les problématiques que pose l'utilisation de l'acide fluorhydrique dans notre métier. Nous étudierons ensuite l'apport d'un nouveau produit sur le marché, le Monobond Etch and Prime de Ivoclar Vivadent, qui ne contient pas cet acide dans ses composants, via plusieurs études menées sur son efficacité.

JURY :

Président : Professeur Pascal BEHIN

Assesseurs : Docteur François DESCAMP

Docteur Philippe BOITELLE

Docteur Corentin DENIS