

**LA *THREE-STEP TECHNIQUE* : APPORT D'UNE  
TECHNIQUE DE RESTAURATION PAR  
MATERIAUX COLLES DANS LA REHABILITATION  
DES EROSIONS DENTAIRES GENERALISEES**

THESE POUR LE DIPLOME D'ETAT DE  
DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

*présentée  
et soutenue publiquement par*

**BERLAND Benjamin**  
Né le 06/03/1988

*le 1<sup>er</sup> décembre 2016 devant le jury ci-dessous*

*Président*  
*Assesseur*  
*Assesseur*  
*Invité*

Monsieur le Professeur Yves AMOURIQ  
Madame le Docteur Fabienne JORDANA  
Monsieur le Docteur Davy AUBEUX  
Monsieur le Docteur Eric CHABERLIN

*Directeur de thèse : Monsieur le Docteur François BODIC*

UNIVERSITE DE NANTES	
<b>Président</b>	Pr LABOUX Olivier
FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE	
<b>Doyen</b>	Pr AMOURIQ Yves
<b>Assesseurs</b>	Dr RENAUDIN Stéphane Pr SOUEIDAN Assem Pr WEISS Pierre
Professeurs des Universités Praticiens hospitaliers des C.S.E.R.D.	
Madame ALLIOT-LICHT Brigitte Monsieur AMOURIQ Yves Monsieur GIUMELLI Bernard Monsieur LESCLOUS Philippe	Madame PEREZ Fabienne Monsieur SOUEIDAN Assem Monsieur WEISS Pierre
Professeurs des Universités	
Monsieur BOULER Jean-Michel	
Professeurs Emérites	
Monsieur BOHNE Wolf	Monsieur JEAN Alain
Praticiens Hospitaliers	
Madame DUPAS Cécile Madame GOEMAERE-GALIÈRE Hélène	Madame HYON Isabelle Madame LEROUXEL Emmanuelle
Maîtres de Conférences Praticiens Hospitaliers des C.S.E.R.D.	Assistants Hospitaliers Universitaires des C.S.E.R.D.
Monsieur AMADOR DEL VALLE Gilles Madame ARMENGOL Valérie Monsieur BADRAN Zahi Madame BLÉRY Pauline Monsieur BODIC François Madame DAJEAN-TRUTAUD Sylvie Madame ENKEL Bénédicte Monsieur GAUDIN Alexis Monsieur HOORNAERT Alain Madame HOUCHMAND-CUNY Madline Madame JORDANA Fabienne Monsieur KIMAKHE Saïd Monsieur LE BARS Pierre Monsieur LE GUEHENNEC Laurent Madame LOPEZ-CAZAUX Serena Monsieur MARION Dominique Monsieur NIVET Marc-Henri Madame RENARD Emmanuelle Monsieur RENAUDIN Stéphane Madame ROY Elisabeth Monsieur STRUILLOU Xavier Monsieur VERNER Christian	Monsieur ABBAS Amine Monsieur AUBEUX Davy Madame BERNARD Cécile Monsieur BOUCHET Xavier Madame BRAY Estelle Madame CLOITRE Alexandra Monsieur DRUGEAU Kévin Madame GOUGEON Béatrice Monsieur LE BOURHIS Antoine Monsieur LE GUENNEC Benoît Monsieur LOCHON Damien Madame MAIRE-FROMENT Claire-Hélène Madame MAÇON Claire Madame MERCUSOT Marie-Caroline Monsieur PILON Nicolas Monsieur PRUD'HOMME Tony Monsieur SARKISSIAN Louis-Emmanuel
Maître de Conférences	
Madame VINATIER Claire	
Enseignants Associés	A.T.E.R.
Monsieur KOUADIO Ayepa (Assistant Associé) Madame LOLAH Aula (MC Associé) Madame RAKIC Mia (PU Associé)	Madame BON Nina

**Par délibération en date du 6 décembre 1972, le Conseil de la Faculté de Chirurgie Dentaire a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'il n'entend leur donner aucune approbation, ni improbation.**

**A Monsieur le Professeur Yves AMOURIQ**

Professeur des Universités

Praticien Hospitalier des Centres de Soins, d'Enseignement et de Recherche Dentaires

Docteur de l'Université de Nantes

Habilitation à Diriger des Recherches

Département de Prothèses

Doyen de l'UFR Odontologie

Chef de Service d'Odontologie Restauratrice et Chirurgicale

*Pour avoir accepté de présider ce jury,  
Pour la qualité de vos enseignements clinique et magistral,  
Pour votre indulgence et votre compréhension,  
Veuillez recevoir mes plus chaleureux remerciements.*

**A Madame le Docteur Fabienne JORDANA**

Maître de Conférences des Universités

Praticien Hospitalier des Centres de Soins, d'Enseignement et de Recherche Dentaires

Docteur de l'Université de Bordeaux

Département de Sciences Anatomiques, Physiologiques, Occlusodontiques, Biomatériaux,  
Biophysique, Radiologie

*Pour avoir accepté de faire partie de ce jury,  
Pour votre gentillesse, votre écoute et votre accessibilité,  
Pour la qualité de vos enseignements,  
Veuillez recevoir mes plus chaleureux remerciements.*

**A Monsieur le Docteur Davy AUBEUX**

Assistant Hospitalier des Centres de Soins, d'Enseignement et de Recherche Dentaires

Docteur de l'Université de Nantes

Département d'Odontologie Conservatrice Endodontie

*Pour avoir accepté de faire partie de ce jury,  
Pour votre gentillesse et votre accessibilité, tant en étudiant qu'en praticien,  
Veuillez recevoir mes plus chaleureux remerciements.*

**A Monsieur le Docteur Eric CHABERLIN**

Docteur de l'Université de Nantes

*Pour votre connaissance du sujet et votre intérêt communicatif,*

*Pour vos clichés de patients traités,*

*Pour votre accessibilité et votre gentillesse,*

*Veillez recevoir mes plus chaleureux remerciements.*

**A Monsieur le Docteur François BODIC**

Maître de Conférences des Universités

Praticien Hospitalier des Centres de Soins, d'Enseignement et de Recherche Dentaires

Docteur de l'Université de Nantes

Département de Prothèses

*Pour avoir accepté de diriger cette thèse,*

*Pour votre expertise et vos conseils précieux,*

*Pour la qualité de vos enseignements clinique, pratique et magistral,*

*Veillez recevoir mes plus chaleureux remerciements.*



# Table des matières

Introduction.....	14
A. Prérequis .....	16
A.1 Rappels sur l'organe dentaire.....	16
A.1.1 Histo-embryologie – microstructure.....	16
A.1.1.1 Amélogénèse .....	16
A.1.1.2 Dentinogénèse coronaire .....	20
A.1.1.3 Jonction Amélo-Dentinaire.....	22
A.1.2 Anatomie – macrostructure.....	22
A.1.3 Implications mécaniques .....	23
A.1.4 Implications optiques.....	25
A.1.4.1 Couleur .....	25
A.1.4.2 Translucidité .....	26
A.1.4.3 Opalescence .....	27
A.1.4.4 Luminescence .....	27
A.2 Lésions dentaires d'origine non carieuse .....	28
A.2.1 Lésions d'origine chimique : érosion .....	28
A.2.1.1 Définition.....	28
A.2.1.2 Diagnostic et classifications.....	29
A.2.1.3 Etiologies, physiopathologie .....	32
A.2.1.4 Epidémiologie.....	35
A.2.2 Lésions d'origine mécanique.....	36
A.2.2.1 Attrition .....	36
A.2.2.2 Abrasion.....	37
A.2.2.3 Abfraction .....	37

A.2.3	Potentialisation physico-chimique.....	37
A.2.4	Implications.....	38
A.2.4.1	Biologiques .....	38
A.2.4.2	Mécaniques .....	38
A.2.4.3	Fonctionnelles .....	39
A.2.4.4	Esthétiques .....	39
A.2.4.5	Retentissement psycho-émotionnelles, psychosociales.....	39
A.2.4.6	Incidence sur la prise en charge .....	40
A.3	Matériaux collés .....	41
	Adhésion.....	41
A.3.1.1	Définition et mécanismes.....	41
A.3.1.2	Histoire et classification .....	44
A.3.1.3	Protocoles.....	46
A.3.1.4	Recul, avantages/inconvénients.....	46
A.3.2	Collage.....	47
A.3.2.1	Définition .....	47
A.3.2.2	Histoire et classification .....	47
A.3.2.3	Recul, avantages/inconvénients.....	49
A.3.3	Matériaux collés.....	50
A.3.3.1	Techniques directes : incorporés en phase plastique .....	50
A.3.3.2	Techniques indirectes : incrustés .....	51
A.3.3.3	Recul, avantages/inconvénients.....	54
A.3.4	Nouveaux modes d'assemblage .....	55
A.4	Principes occlusaux.....	56
A.4.1	Courbes occlusales .....	57

A.4.1.1	Courbe de Spee .....	57
A.4.1.2	Courbe de Wilson .....	57
A.4.2	Fonctions de l'occlusion .....	57
A.4.2.1	Calage .....	57
A.4.2.2	Centrage .....	59
A.4.2.3	Guidage.....	60
A.4.3	Augmentation clinique de la DVO.....	61
A.4.3.1	Indications .....	61
A.4.3.2	Limites .....	61
A.4.3.3	Techniques de détermination, problématiques.....	62
B.	Analyse initiale, guides thérapeutiques, nouvelles techniques et nouveaux concepts de l'approche conservatrice .....	63
B.1	Biomimétisme/Bioémulation – Puzzle physiologique.....	63
B.1.1	Définitions .....	63
B.1.2	Enjeux mécaniques.....	63
B.1.3	Enjeux fonctionnels .....	65
B.1.4	Enjeux biologiques – la dent pulpée/dépulpée .....	65
B.1.4.1	Caractéristiques mécaniques .....	66
B.1.4.2	Caractéristiques esthétiques .....	66
B.1.4.3	Risques infectieux.....	67
B.1.5	Enjeux esthétiques .....	67
B.1.5.1	Usure dynamique .....	67
B.1.5.2	Critères esthétiques fondamentaux.....	68
B.2	Classification ACE.....	71
B.2.1	Description .....	71

B.2.2	Intérêt.....	72
B.3	Nouveaux outils et nouveaux concepts de l'approche conservatrice.....	72
B.3.1	Gradient thérapeutique .....	72
B.3.2	Technique des masques .....	73
B.3.2.1	Description.....	73
B.3.2.2	Avantages/Inconvénients .....	75
B.3.3	Approche sandwich .....	75
B.3.3.1	Principe .....	75
B.3.3.2	Avantages/Inconvénients .....	76
B.3.4	Conception/Fabrication Assistée par Ordinateur – CFAO .....	77
B.3.4.1	Conception Assistée par ordinateur – CAO .....	77
B.3.4.2	Fabrication Assistée par ordinateur – FAO.....	78
B.3.4.3	Systèmes de CFAO au cabinet .....	78
C.	La Three-Step Technique.....	79
C.1	Objectifs, indications .....	79
C.2	Définitions, principes .....	80
C.2.1	Première étape.....	80
C.2.1.1	Laboratoire : wax-up des dents maxillaires antérieures .....	80
C.2.1.2	Clinique : validation du wax-up par un mock-up.....	81
C.2.1.3	Augmentation de la DVO .....	83
C.2.1.4	Choix de la position intermaxillaire de référence .....	84
C.2.2	Deuxième étape .....	86
C.2.2.1	Laboratoire : wax-up des faces occlusales des dents postérieures ..	86
C.2.2.2	Clinique : validation du wax-up par des overlays provisoires .....	87
C.2.3	Troisième étape.....	90

C.2.3.1	Laboratoire : confection des facettes et des onlays antérieurs .....	90
C.2.3.2	Clinique : collage des éléments d'usage.....	93
C.3	Etat des lieux, recule clinique .....	98
C.3.1	Recul .....	98
C.3.2	Evolutions, adaptation et intégration de nouvelles techniques .....	101
C.3.2.1	Intégration de la CFAO.....	101
C.3.2.2	Intégration de la technique des masques .....	103
C.4	Avantages/inconvénients par rapport aux techniques traditionnelles.....	103
C.4.1	Echecs potentiels liés à la prise en charge traditionnelle .....	103
C.4.1.1	Biologique .....	103
C.4.1.2	Mécanique .....	103
C.4.1.3	Esthétique.....	104
C.4.2	Risques liés à la prise en charge par Three-Step Technique .....	104
C.4.2.1	Rapport surface de collage/étendu des restaurations.....	104
C.4.2.2	Infiltration bactérienne .....	104
C.4.2.3	Nécrose pulpaire.....	104
Conclusion	.....	106
Bibliographie	.....	107

# Introduction

La recrudescence du nombre patients jeunes affectés par l'érosion – ou du moins leur recensement – a conduit notre profession à reconsidérer leur prise en charge. Le type de lésions et la population qu'elles intéressent placent les praticiens face à un certain nombre de problématiques : les dents atteintes sont le plus souvent jeunes, dépourvues de caries et de pulpopathies, les répercussions esthétiques en font un des motifs de consultation principaux, avec une attente et une exigence des patients accrues.

Les thérapeutiques traditionnelles consistant en la réhabilitation prothétique scellée étendue ne peuvent que partiellement répondre à ces problématiques puisqu'elles impliquent traitements endodontiques et préparations périphériques, augmentant le délabrement dentaire et compromettant le pronostic des dents sur un plus long terme.

Les progrès réalisés ces dernières années en odontologies conservatrice et restauratrice, à travers l'évolution des outils fournis par l'industrie d'une part – produits d'adhésion, systèmes de collage, matériaux de restauration, instruments, technologies – et de leur intégration à la pratique quotidienne d'autre part ont conduit à l'émergence et à l'essor des techniques minimalement-invasives, qui semblent fournir les réponses attendues. La *Three-Step Technique* est l'une d'elles.

Dans ce mémoire, nous nous intéresserons à ce qui caractérise la population des patients affectés par les usures dentaires et plus particulièrement l'érosion.

Nous rappellerons comment la mise en place des structures dentaires influe sur les aspects mécaniques, biologiques, fonctionnels et esthétiques de l'organe dentaire, de la denture et de l'ensemble du système stomatognathique et comment le biomimétisme cherche à les respecter pour mieux les reproduire.

Nous verrons ce que l'évolution des matériaux et des produits et la mise au point de nouveaux guides et techniques apportent à la prise en charge minimalement-invasive de tels cas.

Enfin, nous aborderons la *Three-Step Technique* elle-même, par une description détaillée du protocole, la mise en avant des questionnements de ses auteurs et ses implications.

## A. Prérequis

### A.1 Rappels sur l'organe dentaire

#### A.1.1 Histo-embryologie – microstructure

Pour bien comprendre l'importance des propriétés mécaniques et optiques des différents tissus durs de l'organe dentaire pour la recherche du biomimétisme, il nous semble important de revenir sur les processus qui mettent en place ces structures (1).

Pour rappel, lors de l'embryogenèse, au niveau des bourgeons faciaux – ici le bourgeon nasofacial et le premier arc branchial – l'**ectoderme** des **crêtes alvéolaires** va s'épaissir en **placodes** et migrer au sein du **mésenchyme** sous-jacent des futurs maxillaires. C'est le début de l'**odontogenèse**.

##### A.1.1.1 Amélogénèse

Aux stades du **bourgeon** puis de la **cupule**, l'ectoderme se différencie en deux feuillets, l'**épithélium adamantin externe** (EAE) et l'**épithélium adamantin interne** (EAI) entre lesquels vont se développer deux autres tissus : le **réticulum étoilé** (ou stellate reticulum SR) et la **strate intermédiaire** (ou stratum intermedium SI). Cet ensemble tissulaire constitue l'**organe de l'émail** (2).

Au stade suivant de la **cloche**, cet organe va se développer autour des groupes cellulaires issus du mésenchyme, qui se sont condensés pour former la **pulpe embryonnaire**. Les cellules du mésenchyme au

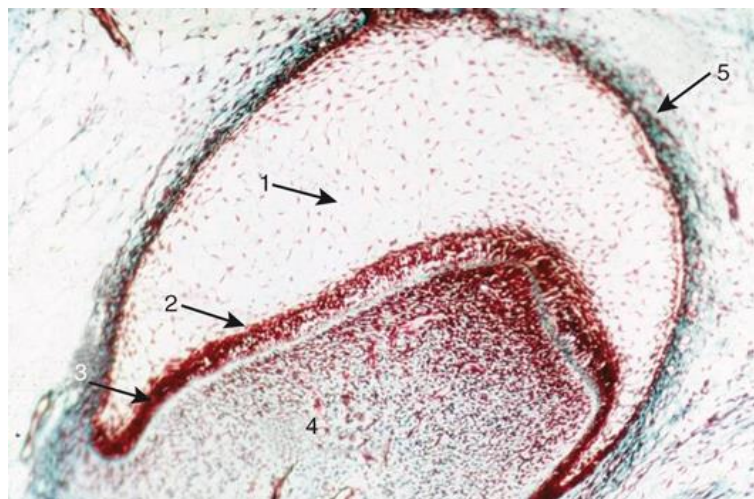


Figure 1 - Stade de la cloche : strate étoilée (1), strate intermédiaire (2), épithélium adamantin interne (3), pulpe embryonnaire (4), épithélium adamantin externe (5) - Goldberg M.

contact de la **membrane basale externe** (MBE) constituent alors le **follicule**. Sous l'influence probable des **nœuds de l'émail** (amas cellulaires spécialisés au sein de l'organe de l'émail), le



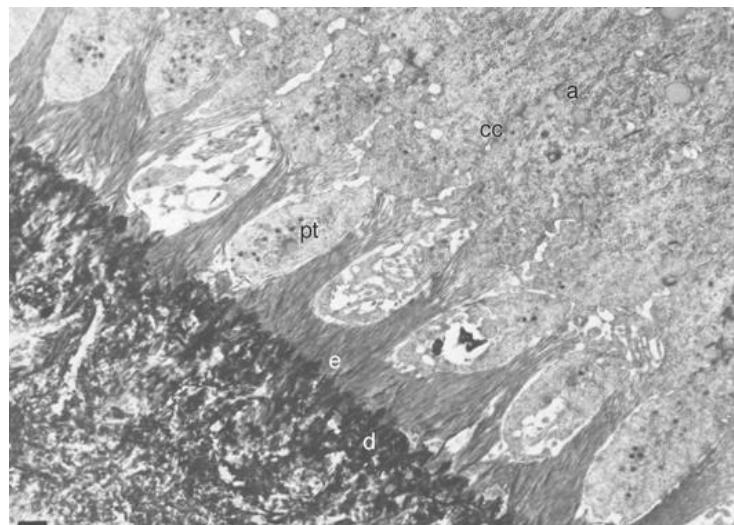
bourgeon adopte progressivement la forme de la future couronne dentaire par des inflexions de l'EAI.

Les cellules de l'EAI se différencient en **péaméloblastes** puis en **améloblastes présécréteurs** et enfin **sécréteurs**. La **membrane basale interne** (MBI) diminue en épaisseur jusqu'à se cribler, laissant les améloblastes projeter des prolongements cellulaires au contact direct des **préodontoblastes**.

La MBI s'efface totalement. Les **odontoblastes** commencent à sécréter la **prédentine**, puis une **dentine non minéralisée** dans laquelle les prolongements cytoplasmiques des améloblastes vont pénétrer. Les améloblastes présécréteurs commencent également à sécréter des composants de l'émail dans ces prédentine et dentine, participant à la création du **man-teau dentinaire** – ou mantle dentine – et de la **Jonction Amélo-Dentinaire (JAD)**.

Les améloblastes présécréteurs deviennent progressivement sécréteurs et déposent sur la dentine de l'émail en « touffes » qui vont se développer et se rejoindre pour former la couche d'**émail aprismatique interne**.

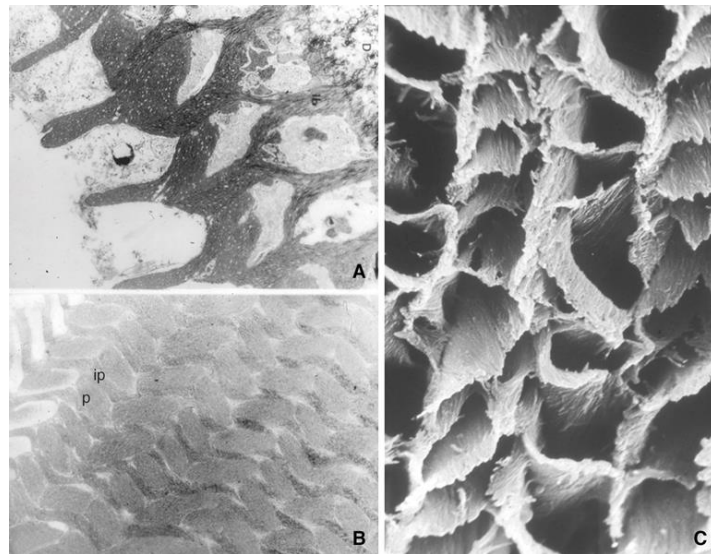
Le pôle apical des améloblastes se différencie d'avantage et présente un prolongement triangulaire, dit « de **Tomes** ». Latéralement aux prolongements est sécrété l'**émail interprismatique**, et à leur extrémité est sécrété l'**émail intraprismatique**.



*Figure 2 - Améloblaste sécréteur (a), corps cellulaire (cc), prolongement de Tomes (pt), émail non prismatique interne (e), dentine (d) - Godlberg M.*

(voir

L'amélogénèse va aboutir à une structure prismatique finale en « **gâteau de cire d'abeilles** », avec des logettes d'émail interprismatique remplies par l'émail intraprismatique.



*Figure 3 - Email interprismatique (ip), prismes (p) – Goldberg M.*

Les améloblastes migrent tout en sécrétant, allongeant les prismes jusqu'à avoir produit l'épaisseur d'émail finale ; ainsi, **un prisme d'émail s'étire de la JAD jusqu'à la surface.**

Ils se différencient – avec la disparition des prolongements de Tomes – en améloblastes **postsécréteurs** dont le rôle va être la maturation de la matrice amélaire par la réabsorption des molécules transitoires et sa minéralisation. Cette matrice, d'abord translucide et gélatineuse, devient tour à tour blanc crayeux puis pigmenté par des molécules sanguines (hèmes sériques essentiellement). Un incident à ce stade peut conduire à des défauts structuels et des anomalies colorimétriques (taches, opalescences).

Dans leur progression, les améloblastes « dansent » et effectuent des « pauses » accompagnées de légers et réguliers changements de cap (1 à 3° tous les 25 µm), donnant naissance à des stries transverses aux prismes : les **stries de Retzius**. Elles peuvent être comparées aux cercles de croissance retrouvés au sein des troncs d'arbre. Ces stries se répercutent à la surface de l'émail sous la forme d'irrégularités parallèles : les **périkymaties**, microarchitectures de surface cerclant la couronne, surtout observables sur les faces vestibulaires des incisives jeunes. Le rôle des stries n'est pas encore totalement établi mais leur présence semble apporter une meilleure **dissipation des forces**. Elles auraient donc une importance d'ordre mécanique.

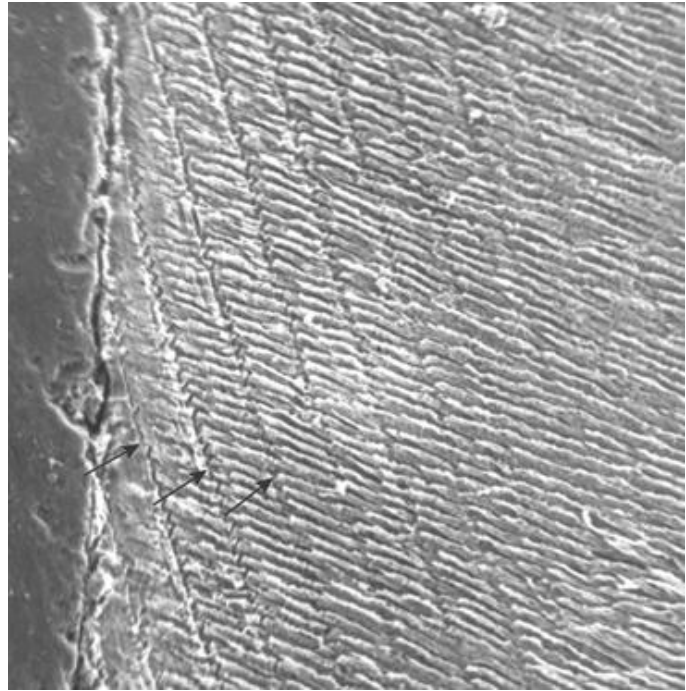


Figure 4 - Stries de Retzius (flèches) - Goldberg M.

En outre, les prismes sont organisés en groupes de quinze environ orientés dans des directions différentes en un système de double hélice, tel le tressage d'une natte. À l'observation microscopique d'une coupe partiellement déminéralisée, ces faisceaux prismatiques apparaissent sous forme de bandes, les **bandes de Hunter-Schreger** :

- Selon qu'ils sont longitudinaux à la coupe : **parazonies** (bandes sombres),
- Selon qu'ils sont transverses à la coupe : **diazonies** (bandes claires).

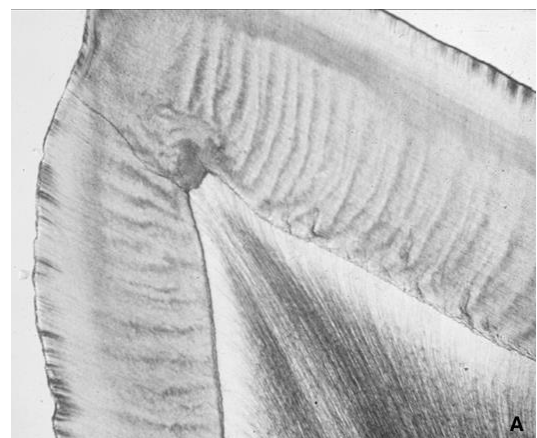


Figure 5 - Bandes de Hunter-Schreger - Goldberg M.

Ce tressage jouerait lui aussi un rôle dans la **diffusion latérale des forces**, compensant la faible flexibilité de l'émail.

### A.1.1.2 Dentinogenèse coronaire

De nombreuses mitoses au sein de la pulpe mésenchymateuse conduisent à la création de deux groupes cellulaires : les **odontoblastes prépolarisés**, au contact de la MBI, et les cellules de la couche de Höehl, plus à distance (3).

Ces dernières sont capables de se différencier secondairement en odontoblastes tardifs/de remplacement afin de produire la **dentine réactionnelle** (ou III<sup>aire</sup> selon les auteurs), ostéodentine sécrétée et apposée en cas d'agressions lentes et modérées telles que certaines lésions carieuses, les préparations prothétiques et cavités restauratrices ainsi que les **lésions non carieuses**, qui nous intéresseront particulièrement. Du fait de mécanismes d'élaboration différents de ceux des dentines primaire et secondaire, la dentine réactionnelle est caractérisée par une **colorimétrie plus saturée et moins lumineuse (très orangée)**. Ce paramètre a des répercussions sur la couleur globale de la couronne dentaire et les stratégies cosmétiques mises en place lors de sa restauration.

Les odontoblastes prépolarisés, d'abord parallèles à la MBI, se polarisent et lui deviennent orthogonaux. La matrice dentinaire est sécrétée : elle est constituée de **faisceaux collagéniques perpendiculaires à la JAD** qui vont servir de support à la minéralisation qui se fera progressivement suivant



Figure 6 - Corps cellulaires des odontoblastes (o), pré-dentine (pd), dentine (d), émail (e), front de minéralisation (flèches) - Goldberg M.

un front se déplaçant avec les odontoblastes via la sécrétion de précurseurs protéiques phosphorylés – molécules également retrouvées dans les tissus osseux et glandulaires (glandes salivaires, reins). La couche dentinaire superficielle formée au contact de la JAD constitue le **manteau dentinaire** ou *mantle dentin*.

Les odontoblastes se polarisent fortement en un corps péripulpaire et un long **prolongement cytoplasmique**. La sécrétion des composants de la matrice dentinaire se fait dans la partie basale de ces prolongements. Cette prédentine se minéralise ensuite selon un front situé à ~20 µm des corps odontoblastiques, délimitant la **prédentine non minéralisée** et la **dentine minéralisée**. Les prolongements se trouvent de ce fait inclus dans le tissu dentinaire, y formant des **canalicules**, et s'allongent avec la migration centripète des corps cellulaires. Il n'a pas encore été établi avec certitude si, à l'instar des **tubuli** qui les contiennent, ces prolongements parcouraient l'intégralité de l'épaisseur dentinaire à la fin de la dentinogenèse, ou seulement une partie.

La migration centripète odontoblastique pendant la dentinogenèse implique une diminution de la surface du feuillet cellulaire, induisant chevauchements et apoptoses d'odontoblastes.

La présence des prolongements et canalicules influe sur la **sensibilité dentinaire**, qui peut être retrouvée lors d'un curetage carieux ou d'une préparation préprothétique/préobturatrice amélo-dentinaire. L'**impermeabilisation de la surface dentinaire** par la boue ou le primaire d'adhésion est donc une nécessité pour éviter toute **sensibilité post-opératoire**, qui va alors dépendre du type d'adhésion choisie (voir A.3.1.1.3).

La mise à nu des tubuli est cependant un atout à l'**hybridation dentinaire** lors de l'adhésion, parce qu'il lui adjoint un **microclavetage mécanique** (voir A.3.1.1).

La dentine est un tissu bien moins minéralisé que l'émail puisque constitué, en fin de formation, de **70% d'apatites biologiques**, **20% de matière organique** (dont la matrice composée à 85% de collagène de type I) et de **10% d'eau** (Vaysse F. et coll., 2015). Sa composition en fait un matériau conférant à la dent une **meilleure résistance à la flexion** facilitant la répartition, la diffusion et l'absorption des forces lors de la mastication.

Nous passerons outre les détails de la dentinogenèse radiculaire donc la connaissance présente un intérêt moindre quant aux propriétés optiques et mécaniques des tissus durs visibles ; la structure microtubulaire de la dentine radiculaire étant sensiblement similaire à celle de la dentine coronaire, c'est davantage son éventuelle altération de surface (**dentine**

**sclérotique**), la présence de **cément** et la proximité de la **gencive marginale** qui sont à prendre en compte lors du **collage au niveau cervical**, notamment en présence de récession gingivale.

On notera cependant qu'au niveau radiculaire, la dentine superficielle est caractérisée par les **couches granulaire de Tomes** et **hyaline de Hopewell-Smith**, au lieu du manteau dentinaire coronaire que l'on retrouve près de la JAD. La structure particulière de ces deux couches semble apporter une diffusion latérale des forces axiales exercées sur la racine. Compte tenu de leur faible épaisseur, leur présence au niveau d'un congé de préparation prothétique peut être considérée comme ayant une influence négligeable quant à la qualité du collage.

#### A.1.1.3 Jonction Amélo-Dentinaire

Comme décrit plus loin (A.1.3), les processus décrits ci-dessus font de la JAD une interphase complexe et indispensable à la **coexistence** de deux tissus – aux propriétés mécaniques différentes – et à leur **cohérence** forte. Elle est caractérisée par :

- Une structure en **encorbellements**, eux-mêmes festonnés,
- Une interpénétration de **faisceaux collagéniques**,
- Un gradient structurel de part et d'autre : le **manteau dentinaire** et l'**émail aprismatic interne**.

#### A.1.2 Anatomie – macrostructure

La morphologie de chaque groupe dentaire est adaptée à une fonction. Comme vu ci-dessus, cela suppose l'existence d'un équilibre – ou d'un compromis – entre les contraintes liées à la fonction et la résistance mécanique.

Les contraintes subies diffèrent selon le type de dent et influent sur leur morphologie, ainsi :

- Les incisives maxillaires sont soumises à des forces de flexion postéro-antérieures à point d'application coronaire. Ces forces, à distance de l'hypomochlion dentaire, créent un moment cinétique,

- Les canines subissent les mêmes contraintes, mais leur anatomie n'est pas assujettie à la fonction d'incisivisation,

Molaires et prémolaires encaissent le plus gros des forces dans leur grand axe, et les dissipent dans l'os alvéolaire par le biais de racines multiples, augmentant la surface de contact avec l'alvéole.

La morphologie cuspidienne répond à des principes théorisés par **Prime** dès 1929 (4) (5), elle vise à :

- « Faciliter l'éruption,
- Favoriser la prophylaxie,
- Réduire la tendance à la fracture,
- Réduire le travail musculaire,
- Réduire les forces appliquées sur le tissu de soutien,
- Eviter la morsure de la joue et de la langue. »

### A.1.3 Implications mécaniques

La structure prismatique en double-hélices de l'émail lui confère une rigidité et une dureté très importante – en faisant le tissu le plus dur du corps humain – tout en lui offrant une certaine tolérance à la flexion.

La dentine, de par sa phase organique importante – dont sa trame collagénique – est très résiliente. Elle absorbe et dissipe les chocs répétés ainsi que les contraintes de flexion, de torsion ou de cisaillement. Mais sa faible rigidité ne lui permet pas de développer une force de réaction nécessaire à la fonction masticatoire, ni sa faible dureté de résister à l'usure en cas d'exposition. Sa formation centripète implique une augmentation de la densité tubulaire à l'approche de la pulpe, ce qui incide sur la nature et la qualité de l'hybridation dentinaire en fonction de la profondeur de préparation.

D'un point de vue mécanique, émail et dentine sont parfaitement complémentaires. Complémentarité qui s'exprime grâce à la JAD.



Les caractéristiques de la JAD lui donnent une très grande résistance aux forces d'arrachement et la capacité d'**absorber** les forces par leur **dissipation latérale**. Cette absorption s'observe également dans l'arrêt de la propagation d'un trait de fracture amélaire.

Elle crée un « complexe amélo-dentinaire » par la cohabitation de deux tissus aux propriétés mécaniques – élasticité et dureté – sensiblement différentes ; leur coexistence assure l'équilibre entre la fonction et la résistance aux contraintes :

- La dentine est trop élastique pour supporter la fonction masticatoire mais absorbe l'énergie des chocs et des contraintes ; c'est la **résilience**,
- L'émail est trop dur pour absorber les chocs, mais permet le développement d'une « force de réaction ».

Le biomimétisme cherche entre autres la reproduction des qualités de cette interphase dans les restaurations collées (voir B.1). Ainsi, **Pascal Magné et Urs Belser** placent la JAD au centre de l'organe dentaire et des enjeux biomimétiques (6).

Ils décrivent plusieurs expérimentations mettant en évidence l'optimisation macro et microstructurale mise en place pour équilibrer cette balance entre la fonction et la résistance mécanique.

Ainsi, l'étude de la réponse mécanique des dents antérieures maxillaires par le biais d'électrodes collées et de simulations sur modèles par éléments finis (modèle informatique fragmentaire de **Von Mises** modifié) a révélé que, lors de l'incisivation :

- Les contraintes de traction étaient retrouvées au niveau des concavités – face palatine entre le bord incisal et le cingulum,
- Les contraintes de compression étaient absorbées au niveau des convexités.

Cela fait des canines des dents plus résistantes aux forces palato-vestibulaires que les incisives. La convexité palatine de ces dernières étant nécessaire à la fonction incisale, cette faiblesse est compensée par une épaisseur d'émail plus importante au niveau du cingulum, des lobes verticaux palatins et des crêtes marginales qui permettent une redistribution des forces.



Les incisives mandibulaires ne subissent quant à elles que très peu de contraintes de traction, les forces étant exercées dans le sens vestibulo-lingual.

#### A.1.4 Implications optiques

La perception visuelle d'une dent dépend de propriétés optiques, de sa morphologie et de son intégration au sein du visage et parmi les autres dents. Ici nous traiterons des implications optiques de la structure de l'émail, de la dentine et de leur assemblage via la JAD.

##### A.1.4.1 Couleur

La couleur dentaire, trop souvent appelée teinte, est composée de 3 composantes (7) qui sont :

- La **teinte** : le « pigment », la nature de la couleur ; c'est le mélange de l'une des 3 couleurs primaires : le rouge, le bleu, le jaune,
- La **saturation** : la concentration en pigments, l'intensité de la teinte,
- La **luminosité** : la quantité de noir ou de blanc, le degré d'absorption de la lumière.

La couleur peut être exprimée par des coordonnées au sein de *l'espace de la couleur* :

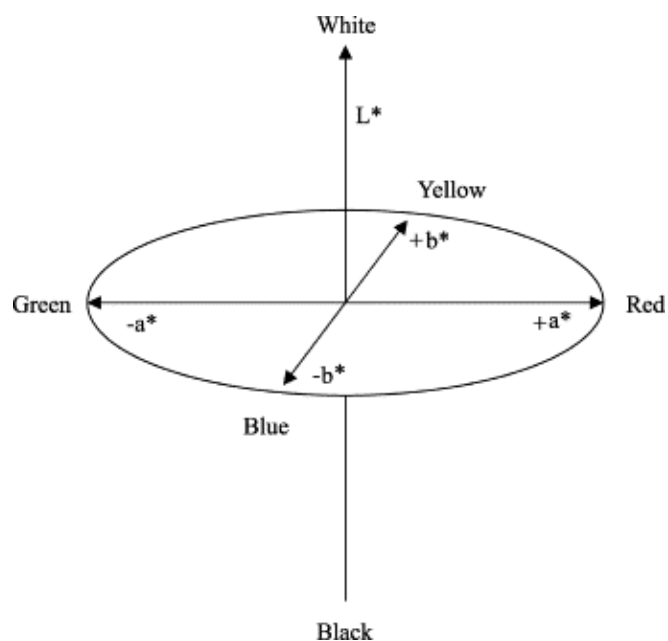


Figure 7 - Espace de la couleur - Joiner A.

La perception de la couleur dépend de manière générale de trois facteurs :

- L'**objet observé** : sa forme et son environnement, son état de surface,
- L'**observateur** : la perception de la couleur a une composante subjective propre à chaque œil,
- La **source de lumière** : son intensité, son incidence et son spectre.

Concernant la perception de la couleur des **structures microcristallines** et plus spécifiquement des tissus dentaires, elle dépend de :

- La **transmission spéculaire** de la lumière à travers la dent, retrouvée chez tout matériau transparent ou translucide,
- La **réflexion spéculaire** de la lumière à sa surface, dépendant de l'état de surface, une surface mate ne réfléchissant pas la lumière de façon spéculaire,
- La **réflexion diffuse** de la lumière à sa surface, retrouvée pour des états de surface irréguliers. C'est également le type de réflexion retrouvé au sein des structures microcristallines comme l'émail, par l'accumulation et la combinaison des réflexions spéculaires sur les prismes,
- L'**absorption et la diffusion** de la lumière au sein des tissus dentaires, retrouvé dans les matériaux translucides ; une part de la lumière incidente n'est pas restituée ou l'est à distance du point de pénétration.

La couleur apparente de l'émail et de la dent dépend donc de la longueur d'onde des rayons lumineux absorbés, diffusés ou réfléchis ; ces longueurs d'onde sont propres aux composants chimiques – hydroxyapatites biologiques et inclusions ioniques – et à la structure des tissus – prismes en doubles hélices de l'émail et structure tubulaire de la dentine.

#### A.1.4.2 Translucidité

La translucidité amélaire dépend de l'**épaisseur**, de son **degré de minéralisation** et d'éventuels **défauts structurels**. Elle va influencer sur l'aspect du bord incisal – la quantité de lumière transmise augmentant avec celle-ci – et sur la perception de la lumière réfléchie par la dentine. **Augmentant avec l'âge**, du fait de la maturation amélaire, elle laisse de plus en

plus apparaître la couleur de la dentine sous-jacente, donnant à la dent une couleur plus sombre et plus saturée.

La translucidité dentinaire peut quant à elle influencer sur la perception de la lumière diffusées et réfléchiée par la pulpe.

#### A.1.4.3 Opalescence

C'est un phénomène comparable à la **diffraction lumineuse** dans l'atmosphère terrestre :

- A midi, les rayons à ondes courtes – hautes fréquences telles que le bleu – sont diffractés par les particules atmosphériques avant d'atteindre le sol donnant à l'observateur l'impression d'un ciel bleu ;
- Au lever et au coucher du soleil, l'épaisseur plus importante d'atmosphère traversée absorbe les ondes courtes, ne laissant parvenir à l'observateur que les rayons à grandes longueurs d'onde – rouge-orange (6).

De même, selon l'incidence de la lumière, **l'émail apparaît tantôt orangé, tantôt bleuté.**

#### A.1.4.4 Luminescence

C'est la restitution lumineuse immédiate – **fluorescence** – ou différée – **phosphorescence** – par certains matériaux soumis à l'exposition à des longueurs d'onde lumineuses spécifiques provoquant une excitation moléculaire. La combinaison des fluorescences de l'émail et de la dentine accentue l'impression de **blancheur**.

## A.2 Lésions dentaires d'origine non carieuse

Lésions d'étiologie non bactérienne, elles peuvent être catégorisées selon qu'elles sont liées à des processus chimiques : érosion ; ou mécaniques : attrition, abrasion et abfraction. On les regroupe traditionnellement sous le terme d'**usure**, bien qu'il représente un faux ami pour la description de l'érosion et de l'abfraction.

La *Three-Step Technique* (voir C) ayant pour vocation à répondre à la problématique de l'érosion, celle-ci bénéficiera dans ces pages d'un traitement plus exhaustif.

### A.2.1 Lésions d'origine chimique : érosion

#### A.2.1.1 Définition

L'érosion est un processus de génération de lésions par **dissolution chimique** des tissus dentaires, **sans intervention bactérienne**. Dans un premier temps **amélaire**, elle devient **amélo-dentinaire** par exposition dentinaire.

*« L'érosion est provoquée par une surexposition à des acides d'origine extrinsèque (aliments, boissons, médicaments, drogues, facteurs chimiques environnementaux) et intrinsèque (reflux gastro-œsophagien (RGO), vomissements spontanés ou provoqués, régurgitations). »*  
(8)

Sa présence, son étendu et son degré de sévérité sont sous l'influence de facteurs :

- **Alimentaires** : pH bas (en dessous de 5,2-5,8), quantité d'acide, type d'acide, présence de phosphate et de calcium (effet tampon),
- **Salivaires** : composition, pouvoir tampon, pellicule acquise exogène,
- **Comportementaux** : vomissements, reflux, régurgitations, hygiène,
- **Environnementaux** : eau des piscines, environnement de travail.

### A.2.1.2 Diagnostic et classifications

#### A.2.1.2.1 Diagnostic différentiel

Elle est caractérisée par des lésions en cuvette aux bords mousses. Leur localisation varie en fonction de l'étiologie mais les différencie souvent clairement des lésions carieuses :

- Elles ne sont jamais retrouvées en interproximal ni en cervical,
- Elles n'accrochent pas à la sonde et ne contiennent pas de boue dentinaire,

Contrairement aux lésions d'origine mécanique, elles affectent seulement les tissus dentaires : les restaurations – telles que les amalgames, les résines composites ou les pièces incrustées – surplombent la surface de l'émail affecté.

L'érosion active est caractérisée par des lésions mates tandis que les lésions résolues – temporairement ou définitivement – est caractérisée par des lésions brillantes, par reminéralisation de surface. L'exposition dentinaire dans les lésions actives est souvent accompagnée de sensibilités dentaires du fait de l'ouverture des tubuli – quand la présence de dentine sclérotique les a « scellés » dans les lésions anciennes.

#### A.2.1.2.2 Classification *Tooth Wear Index* – TWI

Classification mise en place par **Smith et Knight** (9) :

- **Grade 0** – pas de perte caractéristique de l'émail,
- **Grade 1** – perte caractéristique de l'émail,
- **Grade 2** – perte d'émail avec une exposition dentinaire de moins d'un tiers de la surface. Perte de l'émail du bord incisif. Exposition dentinaire minimale,
- **Grade 3** – grade 2 + exposition dentinaire supérieure à 1/3 de la surface,
- **Grade 4** – perte totale de l'émail vestibulaire, lingual et occlusal avec exposition de la dentine secondaire ou exposition pulpaire.

#### A.2.1.2.3 Classification *Basic Erosive Wear Examination* – BEWE

Classification de **Bartlett et coll.** (10). Exclusivement diagnostique :

- **Grade 0** – pas de perte de tissus dentaires,
- **Grade 1** – perte débutante de la structure superficielle,
- **Grade 2** – perte prononcée de tissus dentaires durs sur < 50% de la surface – exposition dentinaire fréquente,
- **Grade 3** – perte grave de tissus dentaires durs sur  $\geq$  50% de la surface – exposition dentinaire fréquente.

#### A.2.1.2.4 Classification *Anterior Clinical Erosive* – ACE

Classification et guide thérapeutique mise au point par **Vailati et Belser** (11), développée plus loin (B.2) :

- **Classe I** – émail palatin réduit,
- **Classe II** – perte de l'émail palatin sur les surfaces de contact – exposition dentinaire légère,
- **Classe III** – perte de l'émail palatin – exposition dentinaire moyenne – perte du bord incisal  $\leq$  2 mm,
- **Classe IV** – perte de l'émail palatin – exposition dentinaire étendue – perte du bord incisal  $>$  2 mm,
- **Classe V** – Classe IV + atteinte/perte de l'émail vestibulaire,
- **Classe VI** – Classe V + perte de la vitalité pulpaire.



*Figure 8 - Erosion classe IV ACE - Chaberlin E.*

### A.2.1.3 Etiologies, physiopathologie

L'érosion dentaire est multifactorielle donc soumise à l'influence de facteurs aggravants ou atténuants.

**Lussi et Jaeggi** (12) ont hiérarchisé ces facteurs au sein d'un diagramme :

On peut également les classer en facteurs intrinsèques et extrinsèques.

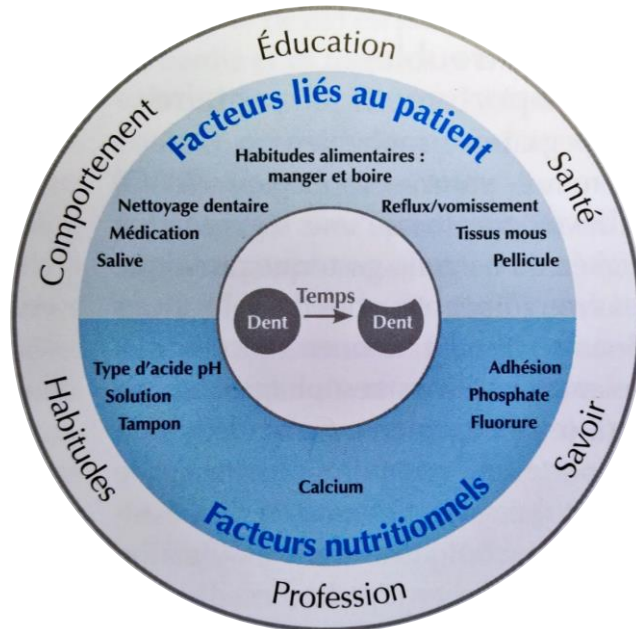


Figure 9 - Facteurs influençant l'occurrence de l'érosion dentaire - Jaeggi T. Lussi A.

#### A.2.1.3.1 Facteurs intrinsèques

##### A.2.1.3.1.1 Reflux Gastro-Cœsophagien

Le Reflux Gastro-Cœsophagien – RGO (*Gastroesophageal Reflux Disease - GERD*) – est défini par le **Montréal Consensus Group** comme « une condition qui se développe lorsque le reflux répété du contenu gastrique provoque des symptômes et/ou des complications gênants » (13). Selon les études citées par Vakil, 7 à 10% de la population générale seraient touchés, dont 8% des enfants d'1 an (**Osatakul**, 2002). Le RGO peut être diurne ou nocturne, dans ce dernier cas de figure les lésions dentaires érosives sont asymétriques et latéralisées du fait de la position de sommeil.

##### A.2.1.3.1.2 Troubles du Comportement Alimentaire

L'**anorexie** mentale est définie par le **DSM-5** (*Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*, 5ème édition) comme un trouble « affectant majoritairement les jeunes femmes



*et les adolescentes, caractérisé par une perception déformée du corps et une privation alimentaire excessive menant à une perte pondérale sévère avec une peur pathologique de l'obésité » (14).*

La **boulimie** quant à elle est définie comme un trouble mental « *caractérisé par des épisodes fréquents d'alimentation compulsive suivis de comportements inappropriés tels que des vomissements provoqués dans le but d'éviter le gain de poids, au moins une fois par semaine* ».

L'érosion dentaire est ici liée aux **vomissements** qui accompagnent ces troubles. Elle touche alors majoritairement les faces occlusales et palatines des dents maxillaires, notamment les incisives. Les chirurgiens-dentistes se trouvent ainsi parmi les premiers soignants à identifier les signes de boulimie, dont le diagnostic est souvent tardif du fait d'un Indice de Masse Corporelle (IMC) normal.

#### A.2.1.3.1.3 Salive

La salive joue un rôle **tampon** et de **clairance** des acides issus du complexe gastro-œsophagien ou de l'alimentation.

Elle crée une **pellicule** protectrice en adhérant aux surfaces dentaires.

L'**altération de la qualité** ou la **diminution de la quantité** de salive impacte ses rôles tampon et protecteur. Ces altérations et défauts de salive peuvent être modulés et induits par la prise de médicaments **psychotropes** – anxiolytiques, anticholinergiques, antihistaminiques, antiémétiques, traitements de la maladie de Parkinson – et de **toxiques** – alcool, drogues, tabac.

#### A.2.1.3.2 Facteurs extrinsèques

##### A.2.1.3.2.1 Habitudes alimentaires

**Lussi et Jaeggi** s'appuient sur les études de **Edwards et coll.** (1998), **Johansson et coll.** (2004) et **Millard et coll.** (1997) pour montrer le lien qui existe entre la **façon de consommer** les boissons et le degré d'érosion dentaire. L'**utilisation d'une paille** positionnée au fond de

la bouche réduit ainsi significativement le temps de contact entre la boisson acide les dents donc leur érosion (15).

La **fréquence** et la **durée** de consommation des aliments et boissons acides influence aussi la façon dont les dents sont lésées – la meilleure illustration en est le **biberon nocturne** chez l'enfant.

*A contrario*, la **présence d'ions calcium** dans l'alimentation et la boisson atténue voire supprime l'effet érosif de celles-ci. **Lussi et Jaeggi** citent l'exemple du jus d'orange enrichi en calcium qui, malgré un pH et une acidité titrable similaires à celle d'un jus classique, ne ramollira pas la surface d'une dent exposée in vitro (**Lussi et coll.**, 2011). De même que la plupart des produits laitiers, naturellement riches en calcium et phosphore. Tous ces paramètres sont à prendre en compte dans les conseils diététiques à donner au patient atteint d'érosion.

#### A.2.1.3.2.2 Hygiène

Les surfaces dentaires altérées par l'érosion sont plus **vulnérables à l'abrasion** liée au **brossage** (voir A.2.3). Dans tous les cas de figure, l'emploi d'une brosse souple et d'un dentifrice peu abrasif est recommandé. Les auteurs citent également les travaux de **Westergaard et coll.** (2001) et **Wiegard et coll.** (2006) qui tendent à montrer que l'usage d'une **brosse électrique** est plus abrasif sur un émail et une dentine érodées que celui d'une brosse manuelle.

#### A.2.1.3.2.3 Travail et activité

L'exposition sur le **lieu de travail** aux **vapeurs acides** – organiques et inorganiques – d'origine **industrielle** ou **agroalimentaire** est un facteur de risque de survenue des lésions érosives. Les groupes de travailleurs exposés montrent en effet un taux d'érosions nettement supérieur à celui des groupes témoins (**Arowojolu**, 2001 ; **Amin**, 2001 ; **Tuominen**, 1989 et 1991) et une localisation majoritairement maxillaire et antérieure des lésions.

De même que pour les risques accrus liés à l'alimentation, les **dégustateurs de vins** sont concernés par une prévalence augmentée des érosions dentaires.

Dans la **pratique sportive intensive**, le risque d'érosion semble majoritairement augmenté par une consommation importante de **boissons énergisantes**. Un lien statistique de cause à effet n'a cependant pas été établi avec un haut niveau de preuve.

Une érosion dentaire chez les **nageurs** exposés aux **vapeurs de chlore** des piscines à l'eau mal titrée – pH mal contrôlé, trop bas – a été retrouvée (**Centerwall et coll.**, 1986 ; **Zunzarren**, 2012).

Enfin, certains types d'exercices physiques intensifs peuvent conduire à l'**apparition de RGO**.

#### A.2.1.4 Epidémiologie

##### A.2.1.4.1 Prévalence

**Lussi et Jaeggi** ont constaté une importante variabilité dans les résultats d'une étude à l'autre, du fait notamment de méthodologies différentes. Ils citent ainsi 18 études portant sur l'analyse de toutes les dents et toutes leurs faces, et 15 portant sur l'analyse des seules dents antérieures (incluant les prémolaires).

Ils ont également constaté qu'une majorité de ces études s'intéressent davantage aux enfants et jeunes adultes et en ont déduit que la scolarisation a joué un rôle prépondérant dans la collecte des données.

L'échantillon déjà mis en valeur par **Lussi et Jaeggi** retrouve ces prévalences par classe d'âge :

**6 à 50%** chez les enfants de **2 à 5 ans** selon 5 études, 32% sur 463 enfants de 2 à 7 ans dans une étude (**Wiegand et coll.**),

- **14%** chez les **5-9 ans** sur 1 étude, 25% chez les 5-15 ans dans une autre étude.
- **11 à 100%** chez les **9-17 ans** selon 16 études,
- **4 à 82%** chez les **18-88 ans** selon 6 études.

Un article de **Barron et coll.** (16) s'appuyant sur une étude longitudinale de 5 ans parlait en 2003 de **71% d'enfants atteints d'érosion grade 1** de **Ganss et coll.** et **26% grade 2**.

On peut en tirer le constat qu'un nombre réduit d'études faiblement étendues s'intéressent au moment de la publication de leur ouvrage (2015) à la prévalence de l'érosion dentaire, ne permettant pas l'exploitation de données homogènes à haut niveau de preuve.

On peut cependant noter que l'érosion n'est pas une pathologie dentaire anecdotique et mérite l'attention des praticiens.

#### A.2.1.4.2 Incidence

**Lussi et Jaeggi** retrouvent un nombre encore plus réduit d'études quant à l'incidence de l'érosion dentaire. Ils citent notamment l'étude de **Gass et coll.** qui s'est intéressée aux modèles en plâtre d'enfants suivis en orthodontie ; une telle analyse pose la question de l'évaluation de l'exposition dentinaire, non visible. Les différents résultats regroupés mettent en évidence :

- **3 à 18% de nouveaux sujets** affectés par an chez les **10-16 ans**,
- **1% par an** d'augmentation de la sévérité chez les **26-36 ans**,
- **3% par an** d'augmentation de la sévérité chez les **46-53 ans**.

Ils en concluent que de manière générale, **le nombre et l'étendue des lésions augmentent avec l'âge**.

### A.2.2 Lésions d'origine mécanique

#### A.2.2.1 Attrition

L'attrition est l'**usure par friction**, sans interposition, des **zones de contact** : bords incisifs, pointes et versants cuspidiens (17). Elle peut être catégorisée comme une usure « à deux corps » (18).

Elle est considérée comme :

- **Physiologique** : usure **fonctionnelle** – sujette à débat,
- **Pathologique** : **parafunctions** liées au comportement (conscience ou inconscient), **malpositions** dentaires, Dysfonctions de l'Appareil Manducateur (**DAM**),

#### A.2.2.2 Abrasion

C'est une **usure à trois corps** (18), c'est-à-dire liée à l'**interposition de particules** entre les surfaces de frottement. Elle n'est pas considérée comme physiologique, mais extrinsèque :

- **Liée à l'alimentation** : certains aliments pouvant être plus abrasifs que d'autres – les lésions seront majoritairement localisées au niveau occlusal,
- **Liée à l'hygiène** : brossage traumatique horizontal et dentifrice abrasif – les lésions seront majoritairement localisées au niveau cervical et vestibulaire du côté opposé à la main directrice (17), on parle de Lésions Cervicales d'Usure (**LCU**), anciennement **myolyses**.

Ce type de lésion est potentialisé par l'érosion, et réciproquement (voir A.2.3)

#### A.2.2.3 Abfraction

L'étiologie de telles lésions est hautement théorique. On doit ce terme à **J.O. Grippo** (19).

L'abfraction est définie comme la **déstructuration des prismes d'émail** au niveau de la **Jonction Amélo-Cémentaire** (JAC) vestibulaire de certaines dents soumises à la **flexion** sous l'effet de la concentration de **contraintes** dans cette zone – appelée **fulcrum**. Du fait de la structure macroscopique de la dent, ces contraintes s'y concentreraient par la convergence d'arcs de force. Les cristallites individualisés sont ensuite éliminés par abrasion.

### A.2.3 Potentialisation physico-chimique

**Lésions chimiques** – érosion – et **mécaniques** – abrasion – peuvent être liées. La dissolution acide des tissus dentaires produit une **suspension aqueuse de particules** accélérant la perte de substance par abrasion. L'abrasion est donc difficilement dissociable de l'érosion.

## A.2.4 Implications

Compte tenu de son importante prévalence et de sa prise en charge spécifique par la *Three-Step Technique*, l'érosion sera la lésion non carieuse dont les conséquences et les implications nous intéresseront le plus.

### A.2.4.1 Biologiques

L'on pourrait évoquer les autres pathologies que peuvent entraîner les étiologies à l'origine de l'érosion : diabète, lésions muqueuses buccales, lésions carieuses, carences, œsophagites, ulcères gastriques – en lien avec la surconsommation de boissons sucrées acides, les vomissements répétés, les RGO ou la xérostomie.

En se focalisant sur l'impact biologique sur la dent des lésions érosives, on constate déjà :

- Un risque accru de **sensibilités dentaires**, notamment dans le cas des lésions actives,
- Un **risque de nécrose** pulpaire du fait de son agression répétée.

Des thérapeutiques simples et rapides – telle que l'hybridation dentinaire immédiate (IDS) ou l'application de vernis fluorés – peuvent déjà prévenir ces risques dans l'attente d'une prise en charge restauratrice.

### A.2.4.2 Mécaniques

Le **déficit volumique** et notamment la **perte de la couche d'émail** conduisent à une fragilisation et une diminution de la capacité de développement d'une force de réaction de la dent. Dans le cas des incisives, **le bord incisal se fracture** lorsque seul l'émail vestibulaire y est présent.

Tel un cercle vicieux, l'exposition dentinaire rend la dent plus vulnérable encore à l'usure, la dentine étant moins dure car minéralisée que l'émail. Son délabrement s'accroît.

#### A.2.4.3 Fonctionnelles

Les conséquences mécaniques décrites plus haut, à savoir **l'augmentation de la flexibilité** des incisives maxillaires, conduisent à une **perte progressive de la fonction incisale**. Les incisives ne sont plus en mesure d'assurer un guidage correct dans la mastication.

Le creusement de la face palatine des incisives entraîne également un **proglissement mandibulaire** – facilité par la diminution du calage cuspidien postérieur lié à l'aplanissement des faces occlusales – et une **compensation alvéolaire** du bloc incisivo-canin mandibulaire.

Outre l'émoussement occlusal postérieur entraînant la diminution des fonctions cuspidiennes, les pertes de substance entraînent parfois une égression des molaires maxillaires, **accentuant la courbe de Spee** à l'excès.

#### A.2.4.4 Esthétiques

L'impact esthétique de l'érosion est très bien décrit par **Francesca Vailati et Urs Belser** en préambule de leurs articles sur la *Three-Step Technique* (20) et constitue, avec l'apparition de sensibilités, le **motif de consultation principal** pour ces patients.

Comme vu ci-dessus, l'érosion se manifeste de façon la plus visible par la **fragmentation du bord incisal** mais aussi **l'augmentation de sa translucidité**. Un changement colorimétrique peut intervenir, par l'amincissement de l'émail vestibulaire (21) : la dent **apparaît plus sombre**.

Avec la compensation alvéolaire du bloc incisivo-canin mandibulaire – et dans les cas les plus sévères celle des molaires maxillaires – **la ligne du sourire s'inverse**.

#### A.2.4.5 Retentissement psycho-émotionnelles, psychosociales

Les **sensibilités** qui peuvent résulter de la présence des pertes de substance – y compris celles d'origine mécanique – peuvent influencer, au-delà du simple confort du patient donc de son bien-être, sur ses **habitudes alimentaires**. Il peut en résulter une dégradation de la diversité alimentaire et du plaisir de manger.

Le **délabrement esthétique**, lorsqu'il survient, peut devenir cause de **repli sur soi**. Le retentissement psychologique et social de la détérioration du sourire peut se traduire par un **isolement** et une **perte de confiance en soi**. Les retentissements sont également **professionnels**, tant pour la **recherche d'emploi** que dans l'exercice des **métiers relationnels** – commerce, services, santé, arts du spectacle... – dans lesquels l'image envoyée ou que l'on a de soi est particulièrement importante.

#### A.2.4.6 Incidence sur la prise en charge

##### A.2.4.6.1 Adhésion

L'érosion produit des **substrats altérés** non favorables à l'adhésion, les déminéralisations/reminéralisations successives en surface conduisent à la formation :

- D'une couche d'**émail aprismatique** : l'exposition des prismes par le mordantage (voir A.3.1.1.1) peut être plus laborieuse et requérir une attention particulière,
- De **dentine sclérotique** : une hybridation dentinaire de qualité est d'emblée plus difficile à obtenir que pour une dentine saine (voir A.3.1.1.2).

Lorsqu'elle est sclérotique, la dentine présente un **scellement des tubuli en surface**, interdisant tout clavetage micromécanique. Les faisceaux collagéniques au sein de cette couche amorphe sont déstructurés, ne permettant pas un ancrage correct du *primer* d'adhésion après mordantage. Des auteurs proposent l'utilisation d'un **chélatant** – l'acide Éthylène Diamine Tétra-Acétique (**EDTA**) – pour l'ouverture des pores tubulaires : ils ont constaté une **amélioration significative du pronostic** de restaurations sur des lésions cervicales à 18 mois (22).

##### A.2.4.6.2 Risques de récives

La question mérite d'être posée quant au pronostic de l'adhésion, en cas de **nouvelle exposition aux acides**.



L'apport d'acides d'origine extrinsèque peut être limité par une **motivation** et une **éducation thérapeutique** efficaces, renforcées par des **contrôles réguliers**.

Mais dans le cas d'une récurrence de l'exposition à des acides d'origine intrinsèque, qui est bien souvent indépendante de la volonté du patient, quid du devenir de la restauration ? On l'a vu plus haut (A.2.1.2.1) : les matériaux de restauration, qu'ils soient incorporés – amalgame d'argent, résine composite, CVI renforcé – ou incrustés – alliage métallique, céramique, composite de laboratoire – sont bien **plus résistants à la dissolution chimique** que les tissus dentaires. Le risque se situe plus volontiers dans **l'altération de l'interphase d'adhésion/de collage**, avec une perte progressive de la valeur d'adhésion par hydrolyse ou **l'infiltration bactérienne**.

### A.3 Matériaux collés

#### Adhésion

##### A.3.1.1 Définition et mécanismes

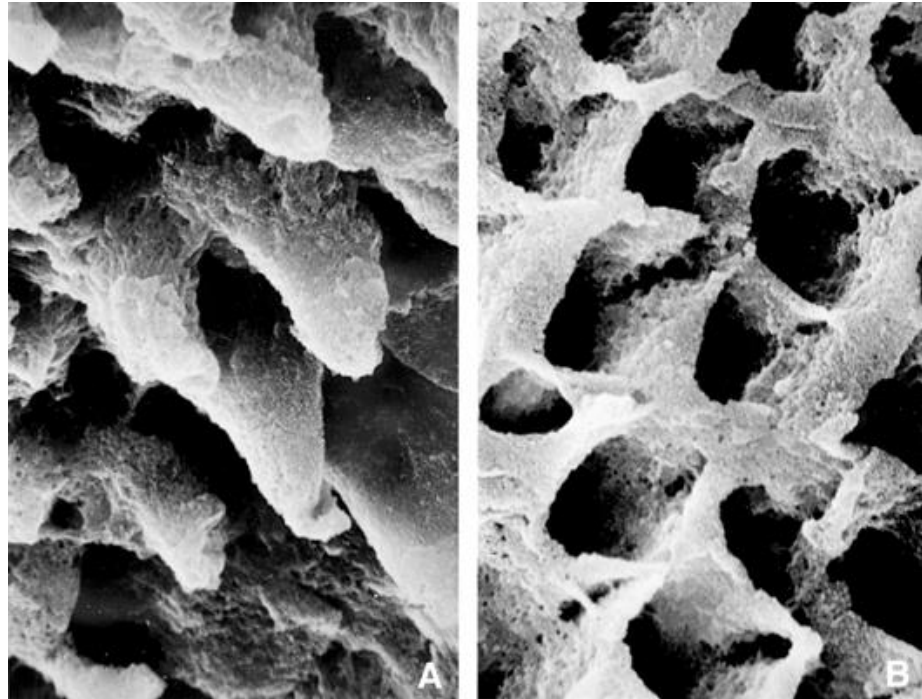
L'adhésion aux tissus dentaires durs consiste en la **pénétration** – parfois réciproque – par un composé à l'état liquide des **micro- et nano-porosités de surface**. Dans le cas de la dentine, la création de cette interphase d'adhésion est appelée **hybridation** : la pénétration/interpénétration conduit à la formation d'une **couche hybride** constituée de la micro-imbrication du polymère de l'adhésif et des constituants structurels de surface (23).

#### A.3.1.1.1 Adhésion amélaire

Lors du mordantage, la **structure prismatique** de l'émail induit une **dissolution différentielle des cristallites** amélares – entre cristallites intra- et interprismatiques – conduisant à la **formation des**

**microporosités** de surface. L'**orientation des prismes** par rapport à cette surface influe sur la microstructure donc la **qualité du collage** et sa **résistance mécanique**.

La préparation en vue du collage se doit de tenir compte de cette orientation afin d'améliorer le facteur d'adhésion.



*Figure 10 - Répliques en résine montrant leur pénétration dans les sites de dissolution de l'émail prismatique (A) ou interprismatique (B) - Goldberg M.*

L'hybridation de la surface amélaire se fait par **micro/nanoclavetage** mécanique : l'adhésif monomérique pénètre les porosités avant polymérisation. La rétention est **mécanique et forte**, cette adhésion est bien maîtrisée depuis des années.

#### A.3.1.1.2 Adhésion dentinaire

L'hybridation dentinaire cherche un microclavetage des tubuli dentinaires et/ou **l'imprégnation de la trame collagénique** (faisceaux de collagène émergeant de la surface dentinaire après dissolution de la phase minérale).

La formation et la nature de la couche hybride vont dépendre de la **gestion de la boue dentinaire** résiduelle. Cette boue résulte du curetage et/ou de la préparation par les instruments rotatifs ou ultrasonores et est constituée de **cristallites d'hydroxyapatite** dentinaire et de **résidus collagéniques**. Elle peut être soit totalement, soit partiellement éliminée et intégrée à la couche hybride : le système adhésif choisi va déterminer le devenir de la boue.

Cette dernière obstruant les tubuli, l'ancrage micromécanique par clavetage de l'adhésif à la dentine ne sera assuré que dans le cas de son élimination totale. Dans le cas de sa conservation, la force d'adhésion obtenue sera celle de la boue elle-même.

#### A.3.1.1.3 Hybridation Dentinaire Immédiate – IDS

Lors de préparations sur dent vivante – en vue de restauration collée ou scellée – le risque principal est l'apparition d'**hypersensibilités**, voire de **douleurs**, qui peuvent de surcroît conduire à une **nécrose pulpaire** si elles perdurent.

Ces sensibilités sont dues, on l'a vu, à **l'ouverture des canalicules dentinaires** par le fraisage. Les fluides et composés chimiques peuvent alors circuler entre les parois pulpaire et externe de la dentine, et stimuler les récepteurs nerveux pulpaire – il est à noter que les prolongements cellulaires odontoblastiques n'interviendraient pas dans ces processus.

La solution pour prévenir leur apparition est donc le **scellement de ces pores tubulaires** par un matériau qui ne réduira pas la capacité d'ancrage d'un adhésif. Le matériau de choix est donc l'adhésif lui-même.

L'hybridation dentinaire immédiate – **Immediate Dentin Sealing (IDS)** – consiste donc en l'application d'un adhésif immédiatement après préparation. Selon les auteurs, l'IDS présenterait les avantages suivants :

- **Prévention de l'hypersensibilité** (24),
- **Amélioration de la valeur d'adhésion** par une hybridation dentinaire de meilleure qualité (25).

Cependant, des études mettent en évidence les interactions de la couche hybride avec les matériaux d'empreinte (26). Il en ressort que la présence d'une couche non polymérisée par l'action inhibitrice de l'oxygène empêche la polymérisation du matériau, altérant la prise d'empreinte :

- Toutes les empreintes sont altérées si une photopolymérisation à l'air libre est réalisée,
- Toutes les empreintes sont altérées si le matériau d'empreinte utilisé est un polyéther monphasique,
- Les empreintes sont ici exemptes de défaut si :
  - L'adhésif utilisé est le *Clearfil SE Bond®*,
  - Une **photopolymérisation sous glycérine** est réalisée (*air blocking*),
  - Et le matériau à empreinte est un VPS biphasé.

Une attention particulière doit être portée à la polymérisation de l'adhésif et au choix du matériau à empreinte quand une IDS est faite.

#### A.3.1.2 Histoire et classification

Les adhésifs ont connu plusieurs générations au cours de leur développement : de la 1<sup>ère</sup> génération au début des années 1970 à la 7<sup>ème</sup> **utilisée de nos jours** (27) (28).

Les adhésifs utilisés en odontologie restauratrice peuvent suivre une classification par génération, une classification par nombre d'étapes, la classification de **Van Meerbeeck et coll.** (1999) basée sur la gestion de la boue dentinaire et la classification de **Degrange** (2003) qui regroupe les adhésifs en MR (ou M&R) et SAM.

##### A.3.1.2.1 Par le nombre d'étapes

<b>Adhésif en 3 temps</b>	Mordançage amélo-dentinaire (total)	Primaire d'adhésion	Résine adhésive
<b>Adhésif en 2 temps</b>	Primaire et résine unis		
<b>Adhésif en 1 temps</b>	Mélangé automordançant primaire et résine		

#### A.3.1.2.2 Classification de Van Meerbeeck et coll. (1999)

- **Conservation et intégration de la boue dentinaire** : la boue n'est pas éliminée par un mordantage et est maintenue en fond de cavité, obstruant les tubuli dentinaires ; **la force d'adhésion est alors celle de la boue à la dentine**, souvent insuffisante, et cette boue peut être septique,
- **Elimination totale de la boue dentinaire** : le mordantage total préalable retire toute la couche de boue et expose les tubuli dentinaires ; l'adhésif peut alors les pénétrer et créer un **microclavetage mécanique** ainsi qu'une **hybridation** avec les **faisceaux collagéniques** de la couche dentinaire superficielle ; ce type d'adhésion implique une attention particulière vis-à-vis de **l'hydratation dentinaire** après la phase de mordantage-rinçage,
- **Elimination partielle et intégration de la boue dentinaire** : stratégie des **adhésifs automordançants** (voir ci-après : SAM) ; le mordantage est assuré par l'adhésif lui-même, la boue résiduelle est en partie dissoute et incorporée à la couche hybride, les entrées des tubuli dentinaires **restent obstruées** ; un mordantage-rinçage préalable n'étant pas nécessaire, le contrôle de l'état d'hydratation est moins contraignant.

#### A.3.1.2.3 Classification de Degrange (29)

- **MR** : Mordantage Rinçage : ce groupe est subdivisé en MR2 et MR3 :
  - **MR3** : mordantage-rinçage, primaire, résine,
  - **MR2** : mordantage-rinçage, adhésif 2-en-1 primaire-résine.
- **SAM** : Système Auto-Mordançant : ce groupe est subdivisé en SAM1 et SAM2 :
  - **SAM2** : adhésif automordançant en deux flacons : primaire automordançant + résine
  - **SAM1** : adhésif automordançant en un seul flacon

La classification de **Degrange** semble avoir fait ses preuves en proposant une hiérarchisation simple en accord avec la réalité de la pratique : les systèmes y sont indirectement classés en fonction de leur facilité d'utilisation.

#### A.3.1.3 Protocoles

Malgré le développement et l'amélioration des systèmes automordançants, l'utilisation d'adhésifs amélo-dentaires de cette famille continue d'être accompagnée d'un mordançage-rinçage amélaire préalable par bien des praticiens afin d'en garantir l'état de surface.

Ainsi, dans tous les cas, le traitement des tissus dentaires est réalisé comme suit :

- Nettoyage des surfaces (dans l'idéal par un sablage),
- Rinçage,
- Mordançage amélaire de 30 s à l'acide orthophosphorique à 30-40% – dentinaires de 15 s dans le cas des adhésifs MR,
- Rinçage de 15 s minimum,
- Séchage sans déshydratation dentinaire – pour se faire, une réhydratation peut être réalisée à l'aide d'un coton légèrement humecté mais cette manœuvre est délicate donc périlleuse,
- Application du *primer* dans le cas des MR3 et SAM2,
- Séchage doux,
- Application de la résine dans le cas des MR3 et SAM2, ou de l'adhésif tout-en-1 pour les MR2 et SAM1,
- Séchage doux,
- Photopolymérisation selon les recommandations du fabricant.

#### A.3.1.4 Recul, avantages/inconvénients

La littérature est dense et continue de s'enrichir quant à la pérennité, la résistance mécanique, la biocompatibilité, le biomimétisme des systèmes d'adhésion, et les **comparaisons entre les différentes familles** (SAM et MR) ainsi qu'avec les autres modes d'assemblage (scellement, friction) sont nombreuses.

Ces études vont souvent dans le sens d'une fragmentation des étapes – mordantage, rinçage, primer, résine – sur les performances du collage, ou d'un mordantage dentinaire préalable à l'utilisation d'un SAM (30). Mais certaines études cliniques (30) et des revues systématiques (31) ne trouvent **pas de différence significative de performance ou de longévité entre SAM et MR**, et des méta-analyses (32) mettent en évidence les biais de telles études et la prédominance de la composante « **opérateur-dépendant** ». La supériorité en termes de qualité d'adhésion et de pronostic des MR sur les SAM n'est pas pour l'heure *evidence based*.

Seule la supériorité d'un **protocole bien maîtrisé** sur un protocole mal maîtrisé est indéniable.

### A.3.2 Collage

#### A.3.2.1 Définition

La colle est un matériau inséré en phase liquide entre deux corps afin de les solidariser par solidification. Dans le cas des colles à usage dentaire, cette solidification se fait par la **polymérisation** de monomères, induite soit par **l'exposition à une source lumineuse** spécifique – **photopolymérisation** – soit par le mélange d'une base monomérique et d'un **catalyseur** – **chémopolymérisation** – soit les deux – **polymérisation duale**/chémo-photopolymérisation.

#### A.3.2.2 Histoire et classification

Les colles peuvent être regroupées en **trois familles** (23) :

- **Colles sans potentiel adhésif** : elles regroupent les **résines composites de collage** ; elles fonctionnent sur le même principe que les composites de restauration en s'interposant entre **deux surfaces apprêtées d'adhésif**,  
Elles sont indiquées pour les collages en **zone esthétique** car présentent – à l'instar des composites de restauration – un **choix de couleur**, qu'il est possible d'étendre par des mélanges ou des ajouts cosmétiques,
- **Colles avec potentiel adhésif** : elles se rapprochent des résines adhésives mais ne sont pas chargées. Leur protocole est fonction de leur composition. Elles sont représentées par

- Le Superbond®, dont l'amorceur n'est pas inhibé par la présence d'humidité ou d'oxygène. Il **reste viscoélastique** et est majoritairement utilisé pour le **collage des métaux**,
- Le Panavia F2.0®, dont la polymérisation est inhibée en présence d'oxygène.
- **Colles autoadhésives** : elles sont faciles d'utilisation puisque prêtes à l'emploi. Elles ne nécessitent aucun traitement préalable des surfaces dentaires, bien qu'un mordantage amélaire soit recommandé.

On peut éventuellement adjoindre à ces familles celle des « **Scellements adhésifs** » : les ciments verre ionomères (CVI) qui créent des ponts ioniques avec les molécules de surface des tissus dentaires et certains alliages métalliques, leur conférant un bon potentiel adhésif. Ils sont renforcés par adjonction de résine (MAR) pour palier leur manque de résistance.

D'après **Oudin Gendrel et coll.** (23), le choix du type de colle est modulé par les caractéristiques du projet prothétique et les circonstances cliniques :

- Type de préparation,
- Ergonomie,
- Mode de polymérisation,
- Viscosité,
- Potentiel adhésif,
- Recul.

Mais aussi et surtout par le matériau à coller :

	Céramiques feldspathiques	Céramiques Polycristallines	Résines Composites	Métaux
Colles sans potentiel adhésif	++	-	++	+
Colles avec potentiel adhésif	+	++	+	++
Colles autoadhésives	-	+	+	+



### A.3.2.3 Recul, avantages/inconvénients

La conception – désormais ancienne – des colles à usage dentaire est bien maîtrisée. Les qualités intrinsèques de bien des systèmes sont indéniables, et leur fiabilité ne cesse d'augmenter.

#### A.3.2.3.1 Avantages

Le collage a permis de nouvelles possibilités dans la prise en charge :

- Elles donnent accès à la **restauration de zones peu rétentives**, elles augmentent de ce fait les possibilités thérapeutiques et d'économie tissulaire,
- Elles améliorent la **gestion esthétique**, par le choix de **couleurs** qu'elles proposent et leur **translucidité**,
- Elles permettent la pose de pièces prothétiques jusqu'alors inenvisageable, et stimulent la recherche et l'émergence de **nouveaux matériaux**.

#### A.3.2.3.2 Inconvénients

Cependant, la **rigueur** indispensable à l'utilisation des produits et l'exécution des protocoles fait du collage un **procédé complexe** nécessitant une bonne préparation et formation. La qualité et le pronostic d'un collage sont extrêmement **opérateur-dépendants**.

Il nécessite en outre un plateau technique moderne et important qui, ajouté au coût des produits, pose la question de sa rentabilité chez beaucoup de praticiens libéraux.

Le collage est enfin **contre-indiqué** chez les patients ayant un **risque carieux élevé** et/ou un contrôle de plaque défectueux, du fait de l'absence de propriété **bactériostatique** des colles et adhésifs.

### A.3.3 Matériaux collés

#### A.3.3.1 Techniques directes : incorporés en phase plastique

Dans le cas de l'adhésion, les matériaux incorporés sont naturellement représentés par les résines composites. Les CVI-MAR – par leurs propriétés de liaisons moléculaires – pourraient également être évoqués, mais leur non-utilisation dans les thérapeutiques qui nous intéressent et leurs propriétés d'adhésion intrinsèque les exclue de cette partie.

Il existe plusieurs familles de composites de restauration, selon leur utilisation et leurs propriétés :

- **Fluides** – ou *flow* – sont peu chargés. L'importance de la phase résineuse leur impose une forte contraction de prise, mais leur fluidité améliore notablement leur **étalement** donc leur interface avec l'adhésif. Micro-chargés, ils présentent une faible résistance à l'usure et aux contraintes,
- **Thixotropes** : selon la quantité et le type de charges, ils sont indiqués pour les secteurs :
  - Antérieur : plus esthétiques – couleur, translucidité, état de surface – mais moins résistants,
  - Postérieur : moins esthétiques mais plus résistant à la pression.
- **Bulk** : nouvelle génération de composites postérieurs à photopolymérisation en masse – fluides, contraction de prise très faible, bonne résistance à la pression, gain de temps – ils ne permettent pas pour l'heure un recul suffisant mais **semblent prometteurs** (33).

La **stratification**, par la superposition de résines aux propriétés différentes, permet l'optimisation globale des propriétés de la restauration.

Le protocole de préparation des surfaces dentaires est décrit plus haut (A.3.1.3). Selon le type de résine composite et la forme de la cavité ou de la préparation, les protocoles de « montage » vont différer :

- Les résines *flow* vont être limitées à des monocouches de faible épaisseur (fonds de cavité, 1mm),
- Les composites thixotropes standards vont être montés couche par couche de 2mm d'épaisseur maximum afin de limiter les effets de la **contraction de prise** et améliorer la photopolymérisation,
- Les composites de type *bulk* sont conçus pour être polymérisés par couches épaisses (jusqu'à 4mm) mais nécessitent des lampes de qualité (20 à 40 s à 550-1000 mW/cm<sup>2</sup> ou 10 à 20 s à 1000-2000 mW/cm<sup>2</sup> par exemple pour le Filtek™ de 3M™ ESPE™).

### A.3.3.2 Techniques indirectes : incrustés

Chaque type de matériau requière une préparation de l'intrados spécifique. Comme vu plus haut, le choix de la colle la mieux adaptée guide également le protocole.

#### A.3.3.2.1 Céramiques feldspathiques

Plus **esthétiques** mais plus **fragiles** du fait d'une phase vitreuse prépondérante, la qualité du collage – dont dépend la capacité de dissipation des contraintes emmagasinées par la pièce prothétique – représente une condition essentielle pour en assurer le pronostic.

L'adhésion y cherche un ancrage mécanique, par microclavetage – assuré par le mordantage par **acide fluorhydrique** – et chimique par l'intermédiaire d'un **silane**, ou agent de liaison, molécule ayant affinité pour le méthacrylate (monomère de l'adhésif) et les éléments minéraux.

Dans le cas des facettes vestibulaires les colles sans potentiel adhésif sont indiquées.

Le protocole de préparation de l'intrados de l'élément est dans le détail :

- Mordantage à l'acide fluorhydrique 5% à 10% pendant 20 à 90 s selon la marque de l'*etchant*,
- Rinçage abondant (**Oudin Gendrel et coll.** recommandent même un traitement par ultrasons de 5 min avec alcool et acétone),

- Application d'un silane,
- Séchage,
- Pour les composites de collage :
  - Enduction ou double-enduction de la colle,
  - Assemblage sous champ opératoire (digue dentaire),
  - Photopolymérisation sur chaque face,
  - Elimination des excès et photopolymérisation marginale sous gel de glycérine.

#### A.3.3.2.2 Vitro-céramiques

Céramiques feldspathiques renforcées par des inclusions cristallines de leucite (Empress®) ou de disilicate de potassium (IPS e-Max®), elles sont un intermédiaire extrêmement intéressant en termes de propriétés mécaniques et esthétiques entre d'une part les céramiques vitreuses et d'autre part les céramiques polycristallines. Elles représentent la majorité des céramiques usinées par les systèmes de CFAO.

Leur protocole de collage est le même que pour les feldspathiques.

#### A.3.3.2.3 Céramiques polycristallines

Faiblement esthétiques, elles sont **très résistantes**. On y trouve les céramiques alumineuses et à base de zircone.

Le scellement est le plus indiqué pour cette famille de céramiques :

- Le **mordançage y est inefficace**,
- Le sablage y est risqué.

Les préparations qui accueillent ce type de matériau sont de préférence rétentives : cavités à 3 faces minimum ou **préparations périphériques**.

Cependant, **l'utilisation de colles avec potentiel adhésif est possible après silanisation**.

Pour la préparation de l'élément pour le collage, le protocole est le suivant :

- Décontamination de l'intrados – éthanol à 90° ou hypochlorite à 2,5%,
- Sablage – oxyde d'alumine à 50 µm,
- Rinçage,
- Séchage,
- Silanisation de 3min,
- Séchage.

#### A.3.3.2.4 Résine composites

Comme pour les céramiques feldspathiques, l'adhésion recherché y est à la fois micro-mécanique et chimique. La préparation de l'intrados s'y fait également par mordantage à l'**acide fluorhydrique ou sablage**. Une **silanisation** y est de même nécessaire.

Protocole de préparation :

- Décontamination de l'intrados – éthanol à 90° ou hypochlorite à 2,5%,
- Sablage – oxyde d'alumine à 50 µm,
- Rinçage,
- Séchage,
- Silanisation de 3 min,
- Séchage.

#### A.3.3.2.5 Métaux

Les alliages précieux nécessitent une préparation de l'intrados par la **création d'une couche de silice** par sablage. Les alliages non précieux quant à eux sont préparés par mordantage électrolytique. Comme vu plus haut, les colles sans potentiel adhésif type Superbond® sont les plus indiqués pour leur assemblage, du fait notamment de leur **viscoélasticité résiduelle**.

Protocole de préparation :

- Décontamination de l'intrados – éthanol à 90° ou hypochlorite à 2,5%,
- Sablage ou mordantage,
- Silanisation de 5 min,
- Séchage.

### A.3.3.3 Recul, avantages/inconvénients

La restauration par composites directes est devenue très performante, bien que son pronostic soit extrêmement opérateur-dépendant. Une étude clinique randomisée menée par **Al-Khayatt** en 2013 sur 15 patients a montré un taux de survie de restaurations mandibulaires antérieures directes à **7 ans de 85%** (34). Dans cette étude, environ 53% des patients avaient conservé la totalité de leurs restaurations

Nous avons classé les avantages et inconvénients de chaque matériau collé dans le tableau suivant de façon quelque peu subjective et relative, c'est-à-dire les uns par rapport aux autres :

	Résistance à la pression	Résistance à l'usure	Facilité d'assemblage	Esthétique	Faible coût	Gain de temps
Composites directs	--	--	++	+	++	++
Composites indirects	-	-	+	+	+	+
Céramiques feldspathiques	-	+	--	++	--	-
Céramiques polycristallines	++	++	+	-	-	+
Alliages non-précieux	++	++	+	--	+	+
Alliage précieux	++	+ <sup>1</sup>	+	--	--	+

---

<sup>1</sup> Mais meilleure résistance à l'oxydation que les alliages non-précieux

Pour la conception d'éléments prothétiques devant allier contraintes mécaniques importantes et esthétiques, les matériaux de restaurations peuvent-être assemblés pour en combiner les qualités :

- Pièces prothétiques **céramo-métalliques** : montage de céramiques feldspathiques sur chapes d'alliages métalliques,
- Pièces prothétiques **céramo-céramiques** : montage de céramiques feldspathiques sur chapes de céramiques polycristallines.

#### A.3.4 Nouveaux modes d'assemblage

Afin d'améliorer les propriétés et le pronostic du collage, de nouvelles pistes sont explorées.

Ainsi, les performances des adhésifs tout-en-un à **base de résines thixotropes** ont été comparées à celles de résines non thixotropes (35). Il en ressort cette hiérarchisation des valeurs d'adhésion dentinaire :

*Résine thixotrope soumise à une haute pression par air pulsé* > *Résine thixotrope soumise à une basse pression par air pulsé* > *Résine non thixotrope*

De même, **des résines composites thixotropes de restauration** peuvent être employées comme composite de collage après **fluidification par chauffage**, non dans le but d'en exploiter des propriétés d'adhésion supérieures – dont elles sont dépourvues – mais les **propriétés mécaniques supérieures**.

Des systèmes de collage incluant un adhésif contenant du **phosphate de calcium** et un primaire « dopé » aux **analogues de phosphoprotéines biomimétiques (PAA)** – cherchant la création de liaisons chimiques avec la dentine – semblent également prometteurs (36).

## A.4 Principes occlusaux

L'occlusodontologie est la science des **rapports statiques et dynamiques** entre les arcades dentaires au sein de l'appareil manducateur – ou stomatognathique (4). Dans leur définition, **Orthlieb et coll.** admettent la nature **consensuelle** des principes communément admis de cette science, justifiée par la difficulté d'y apporter des preuves.

C'est ce qui autorise des auteurs à contester partiellement ces principes (voir C.2.1.3).

Dans l'approche traditionnelle, la fonction occlusale est fragmentée en fonctions :

- De **calage** : stabilisation intermaxillaire par un maximum de contacts,
- De **centrage** : position mandibulaire sans contrainte musculo-articulaire,
- De **guidage** : mouvements antéro-postérieurs et latéraux libérés et facilités.

La restauration de l'intégrité dentaire se doit de respecter ces fonctions, par **leur maintien, leur rétablissement ou leur amélioration**. Leur non-respect peut entraîner le dysfonctionnement.

Les rapports intermaxillaires physiologiques et la position des dents au sein des arcades suivent 3 courbes :

- **L'arc occlusal** : parabole formée par chaque arcade sur un plan horizontal – ou coronal,
- **La courbe de Spee** : « *courbe sagittale à concavité supérieure issue du sommet de la cuspide de la canine mandibulaire et qui suit la ligne des pointes cuspidiennes vestibulaires, les prémolaires et molaires mandibulaires* » (Collège National d'Occlusodontologie),
- **La courbe de Wilson** : « *courbe frontale à concavité généralement supérieure, assimilables à une portion de cercle de rayon variable, réunissant les sommets des cuspidés vestibulaires et linguales de deux dents homologues.* »



## A.4.1 Courbes occlusales

### A.4.1.1 Courbe de Spee

Elle obéit au **modèle des ciseaux** – ou tangentiel – de **Page** (37). L'existence de la courbe est le résultat d'une contrainte biomécanique : le point de rotation de la mandibule, au centre du condyle, est à distance du plan d'occlusion ; le grand axe de chaque dent doit être disposé tangentielllement à l'arc qui la traverse afin d'opposer à la force de mastication la plus grande force de réaction ; les arcs ayant un rayon de plus en plus grand en s'éloignant du centre, l'orientation des tangentes change et avec elles celle des tables occlusales.

Il en résulte que sa courbure sera **plus importante chez un sujet hypodivergent** – le plan d'occlusion étant plus éloigné du centre de rotation – **que chez un sujet hyperdivergent**. Ce paramètre doit être pris en compte dans la réhabilitation des secteurs postérieurs.

### A.4.1.2 Courbe de Wilson

De même, cette courbe doit son existence au positionnement des dents des secteurs molaires dans un but :

- De concentration des forces de mastication vers le centre de la face,
- De permettre un affrontement antagoniste sans interférences en diduction.

La combinaison des courbes de Spee et Wilson a d'abord été **assimilé à une sphère** (38) dans le but de simplifier la conception de Prothèses Adjointes Complètes (PAC). Ce modèle est remis en cause par le fait que le rayon de la courbe de Wilson diminue d'antérieur en postérieur, donnant à l'arc occlusal une **forme hélicoïdale** (39).

## A.4.2 Fonctions de l'occlusion

### A.4.2.1 Calage

Le calage est défini par la **stabilité de l'unité dentaire**, la **classe d'Angle**, les **rapports occlusaux** et la **stabilité de la position mandibulaire** (4).

**La stabilité de l'unité dentaire** – l'équilibre biomécanique individuel de chaque dent – est assuré par :

- **L'inclinaison axiale de la dent** – le grand axe dans le sens de la force occlusale,
- **La continuité d'arcade via les contacts interproximaux** – la transmission et la répartition des forces entre dents voisines,
- **Les rapports d'occlusion une dent/deux dents** – « l'engrènement »,
- **Les contacts occlusaux en opposition** – les rapports cuspide-fosse, les contacts entre versants internes des cuspides primaires,
- **Les contacts punctiformes** – l'affrontement de surface convexes.

Des études ont cependant mis en évidence l'écart entre ce **modèle théorique** et la **réalité clinique** constatée chez des patients sains (40) (41) (voir plus loin).

**La classe d'Angle** – du nom de son concepteur (42) – est définie comme la position d'engrènement une dent/deux dents chez un patient. La classe d'angle est déterminée au niveau prémolo-molaire et est subdivisée en fonction de la position relative des blocs incisivo-canins.

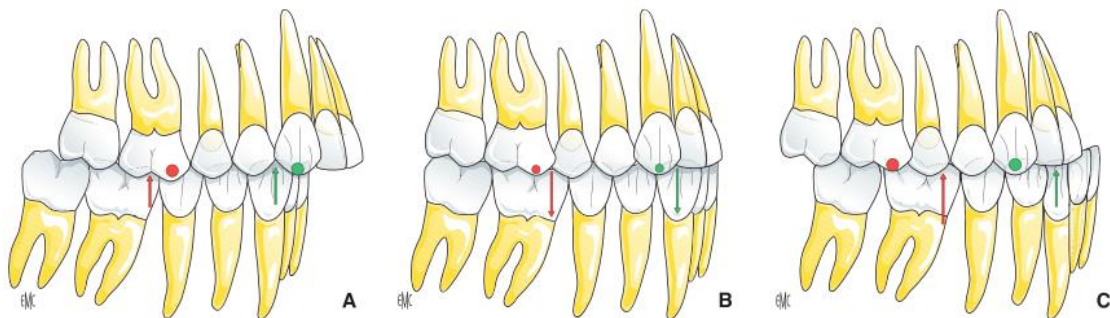


Figure 11 - Classes d'Angle : classe II (A), classe I (B) et classe III (C) - Orthlieb J-D et coll.

La classe II est subdivisée en II.1 – surplomb incisif augmenté ou **overjet** – et II.2. – contacts incisifs maintenus, souvent accompagnés d'une augmentation du recouvrement ou **overbite**. La classe I étant considérée comme la classe d'angle de référence, toute restauration plurielle y tendra dans les limites imposées par la classe squelettique et les autres fonctions occlusales.

La position inter-arcades de référence est l'OIM, c'est-à-dire la position stable permettant le **maximum de contacts dentaires lors du serrement** intermaxillaire. La **normocclusion** est caractérisée dans son **modèle théorique par 52 contacts postérieurs**, mais la réalité en retrouve bien moins – **18 en moyenne** sur 30 occlusions saines mises en évidence par **McNamara et Henry**. Le nombre et la stabilité des contacts en OIM dépendent également de la pression exercée : une **OIM dite active** établit un nombre bien plus important de contacts fonctionnels par déformation articulo-squelettique qu'une **OIM dite passive**, c'est-à-dire sans contraction musculaire importante.

Un maximum de contacts postérieurs stables harmonieusement répartis permet le calage, stabilisation dento-dentaire garante de **l'économie tissulaire et énergétique**.

#### A.4.2.2 Centrage

L'occlusion doit assurer le **centrage mandibulaire**. Une position mandibulaire idéale assurant **l'équilibre musculo-articulaire** du système manducateur est définie par :

- Une position idéale condylodiscale au niveau des ATM :
  - Axe vertical : position condylodiscale la plus haute,
  - Axe sagittal : calage antérieur du condyle dans l'isthme discal,
  - Axe transversal : stabilité transversale,
- Une **position symétrique médiane** de la mandibule pour permettre une répartition des vecteurs de force, donc de l'effort musculaire et des contraintes biomécaniques.

La recherche d'une position mandibulaire de référence a donné naissance au concept de **Relation Centrée (RC)**. Cette position n'est pas naturelle, elle correspond à la **position la plus haute et la plus postérieure des condyles dans les cavités glénoïdes** et à une coaptation maximale des ATM. De ce fait, elle est **stable et reproductible**.

La RC ne correspond pas à la position mandibulaire en OIM. Le **décalage entre ORC et OIM** est minime et physiologique : il est **autorisé jusqu'à 1 mm sagittalement** par le jeu articulaire et l'élasticité du disque. Dans les sens transversal et vertical, il n'y a pas de différence physiologique – mais pathologique possible – entre OIM et ORC.

La position du condyle étant définie, la position verticale obtenue par rotation autour du pivot matérialisé par l'axe transversal traversant les ATM, jusqu'à l'occlusion, donne la **dimension verticale d'occlusion (DVO)**. Puisque la rotation pure des ATM ne modifie pas les rapports condylo-disco-temporaux – donc leur équilibre énergétique et fonctionnel – elle peut être utilisée pour **modifier la DVO** – dans un but thérapeutique – dans les limites fixées par l'équilibre musculo-tendineux du système stomatognathique.

En présence d'un décalage important – donc considéré comme pathologique – entre OIM et ORC, la question se pose de modifier cette DVO par rotation à partir de l'OIM du patient ou à partir d'une position déterminée cliniquement, l'ORC. Cette dernière étant stable, reproductible et correspondant à une position idéale des condyles, elle est traditionnellement choisie. Mais dans les cas traités par **Vailati et Belser**, ce choix est remis en cause.

La question se pose également quant à la **valeur physiologiquement, fonctionnellement et esthétiquement acceptable** qui peut être donnée à l'augmentation de DVO, quand celle-ci est nécessaire. Il y sera répondu plus loin (A.4.3).

#### A.4.2.3 Guidage

**Orthlieb et coll.** assimilent le guidage antérieur à un **cône d'accès à l'OIM** : lors de la fermeture, les dents antérieures mandibulaires glissent sur les versants internes des dents antérieures maxillaires ; les arcs incisifs se comportent comme un cône interne et un cône externe qui s'emboîtent, guidant les arcades antagonistes vers l'occlusion postérieure. À l'inverse, la propulsion mandibulaire et les mouvements de diduction des excursions permettent la **désocclusion des dents cuspidées**.

Cet emboîtement – la course mandibulaire vers l'OIM – est modulé par un système de **rétroaction proprioceptive**. Sa **précision** en est améliorée et les tissus dentaires **protégés** par une mise en contact occlusale **douce** et bien **répartie**. « *Les trajets fonctionnels [...] doivent permettre de diminuer les surcharges dentaires (faible fréquence de contacts dentaires), les contraintes articulaires (absence de compression ou de distension) et permettre de diminuer le travail musculaire par symétrisation des fonctions (facilitation neuromusculaire, optimisation de la phonation, mastication alternée).* » (4)

### A.4.3 Augmentation clinique de la DVO

#### A.4.3.1 Indications

L'augmentation ou la diminution de la DVO a un but thérapeutique (43). Son choix est :

- **Esthétique** : harmoniser la dimension de l'étage inférieur de la face avec les étages supérieurs, corriger le recouvrement et le surplomb antérieurs,
- **Prothétique** : ouvrir l'espace prothétique pour permettre la prise en charge restauratrice, influencer sur la hauteur de préparation périphérique pour qu'elle soit suffisante (augmentation) ou non excessive (diminution),
- **Fonctionnel** : supprimer d'éventuels verrous (supracclusion, interférences) par l'augmentation, rétablir des guidages par la diminution.

#### A.4.3.2 Limites

Si son indication est établie, il convient d'écarter toute **contre-indication**. Celles-ci sont liées aux **capacités d'adaptation des ATM** et du système musculo-tendineux, qui peuvent décroître avec l'**âge** et la présence de **pathologies musculo-articulaires (DAM)**.

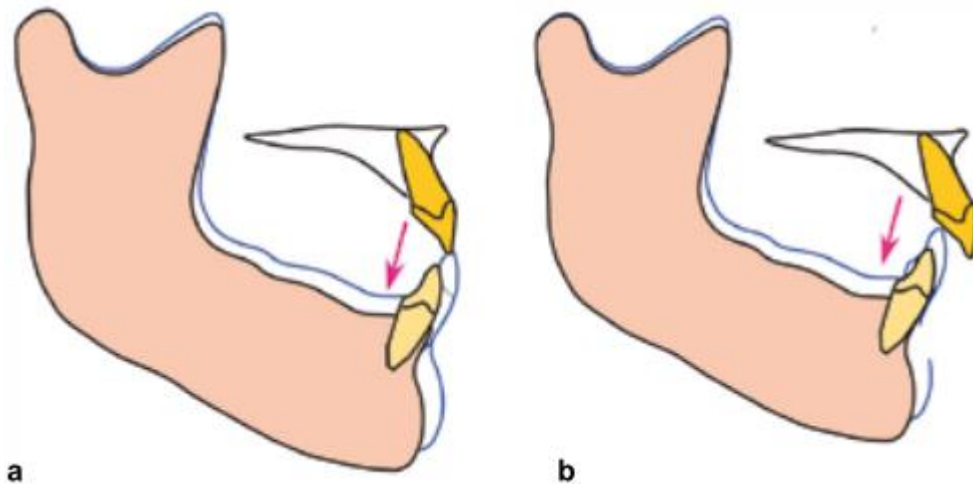


Figure 12 - Effet d'une augmentation de la DVO sur une classe III (a) et une classe II (b) squelettiques  
– Orthlieb J-D et coll.

Comme **Vailati et Belser** l'ont souligné (voir C.2.1.4), la **classe squelettique** du patient doit être prise en compte lors d'une augmentation de DVO ; ainsi, une classe III sera compensée par une augmentation, quand une classe II sera aggravée – l'*overjet* est augmenté.

#### A.4.3.3 Techniques de détermination, problématiques

Il existe plusieurs façons de déterminer la valeur de la DVO idéale, à partir de la **Dimension Verticale de Repos (DVR)**, l'**Espace Libre Phonétique** ou par la mesure de l'**activité musculaire péri-orale** (44). Mais la démarche de **Vailati et Belser** est inverse : récupérer un espace prothétique suffisant par une augmentation la plus grande possible supportée par le patient. Ce qui justifie sa **validation par l'intermédiaire de mock-ups**.

Le changement de DVO s'accompagne d'une redéfinition de la position et éventuellement de l'inclinaison du **plan d'occlusion**.

Un paramètre à prendre en compte lors de l'augmentation de la DVO est la « **règle des tiers** » : c'est une application simplifiée du théorème de Thalès au triangle ayant pour sommet le point de rotation et pour base la tige incisive de l'articulateur ; une augmentation de la DVO de 3 mm sur la tige se répercutera par une augmentation de :

- 2 mm au niveau incisif,
- 1 mm au niveau molaire.

L'espace prothétique obtenu est ainsi bien plus important en antérieur qu'en postérieur. Le clinicien devra trouver un équilibre entre les **impératifs musculaires**, l'**épaisseur des restaurations** occlusales postérieurs et celle des restaurations palatines maxillaire antérieures.

Dans la réhabilitation par prothèses amovibles – complètes ou non – nécessitant la recherche d'une position de référence mandibulaire reproductible, le choix de l'ORC s'impose pour l'augmentation de la VDO.

Dans le cas de réhabilitations fixées étendues, si les rapports intermaxillaires peuvent être conservés pendant toute la procédure, **l'augmentation de la DVO peut être envisagée en OIM** ; c'est le choix fait par **Vailati et Belser** dans la *Three-Step Technique*. Mais ce point de vue semble être encore isolé puisque seules 2 études – probablement celles de **Vailati** – sur les 11 sélectionnées par la *systematic review* de **Muts et coll.** (45) utilisaient l'OIM ; 3 ne précisait cependant pas la position de référence utilisée.

## B. Analyse initiale, guides thérapeutiques, nouvelles techniques et nouveaux concepts de l'approche conservatrice

### B.1 Biomimétisme/Bioémulation – Puzzle physiologique

#### B.1.1 Définitions

Dans leur ouvrage *Restaurations Adhésives en Céramique sur Dents Antérieurs* (2003) (6), **Pascal Magné et Urs Belser** développent les bases de la **biomimétique dentaire**, définie selon eux pour la première fois en 1994 (46). C'est « ***l'utilisation de la dent comme modèle pour la conception de matériaux de restauration dentaire** (The structure and properties of the crown of a human tooth were used as a model for the design and processing of dental restorative materials)* » (47).

Le principe du biomimétisme est d'imiter la nature pour se rapprocher au mieux des caractéristiques de la dent intacte. Ce principe est rappelé par **Magné et Belser** en 2003 : « *L'application du principe biomimétique permet de conclure raisonnablement que le but des nouvelles approches thérapeutiques **n'est pas l'obtention de la restauration la plus résistante**, mais plutôt d'une restauration compatible avec les propriétés mécaniques, biologiques et optiques des tissus dentaires sous-jacents* ».

Les auteurs y adjoignent la notion de **puzzle physiologique** : « *la dent se comporte comme un puzzle physiologique dans lequel la biologie, la mécanique, la fonction et l'esthétique sont intimement liées* » (6). L'application biomimétique doit donc prendre en compte chaque pièce de ce puzzle pour le reproduire au mieux.

La mise en place des critères biomimétiques implique ainsi l'étude approfondie de la dent et une exploitation optimale des résultats de cette étude.

#### B.1.2 Enjeux mécaniques

D'un point de vue mécanique, la restauration biomimétique cherche à se rapprocher au mieux des propriétés décrites plus haut. L'approche traditionnelle consistant en l'utilisation de matériaux les plus résistants et les plus rigides possibles, sans prise en compte de l'analyse

biomécanique, est contestée par l'approche biomimétique. La restauration biomimétique recherche la création d'un « complexe dento-prothétique » et non celle d'un élément prothétique résistant considéré indépendamment de la dent.

Dans cette recherche, le collage permet une **dissipation des forces** emmagasinées par la pièce prothétique que le scellement n'offre pas forcément.

Dans une étude citée par **Magné et Belser**, réalisée en 1993 par **Stokes et Hood** (48), des incisives maxillaires avec différents types de restaurations ont été soumises à des **tests d'impact *in vitro***. La force d'impact générée par le système était appliquée au milieu de la face palatine. Il en résultait pour :

- **La dent témoin non restaurée** : la couronne dentaire se fracturait selon un plan oblique palato-incisal vers vestibulo-apical,
- **La couronne Dicor®** (céramique feldspathique) : l'énergie de rupture moyenne était significativement inférieure à celle des autres restaurations ; **la couronne éclatait** et le moignon se fracturait selon un plan dans l'axe de l'impact,
- **La couronne Vita Dur N** : la couronne éclatait et le moignon se fracturait selon un plan dans l'axe de l'impact,
- **La couronne Vita Hi Ceram** : des **fissures apparaissaient** au point d'impact et des traits de fracture au niveau radiculaire,
- **La couronne en or** : le scellement résistait et la dent se fracturait au niveau du **collet prothétique**, ou au **niveau radiculaire**,
- **La facette céramique** : se fracturait au point d'impact mais le **collage résistait**.

Couronne métallique (or) et facette céramique rigidifient la dent selon **Stoke**, expliquant la répercussion radiculaire des contraintes donc des fractures.

**Stokes** avait déjà effectué une étude similaire sur des prémolaires 6 ans auparavant sous la direction de **Salis** (49).

Bien qu'ancienne et de ce fait obsolète – compte tenu de l'évolution rapide des matériaux et des systèmes de scellement et de collage – cette étude montre bien l'importance du



type de restauration – périphérique ou non – et du type de matériau employé dans l'absorption et la dissipation des contraintes appliquées à la dent restaurée. **Une restauration trop rigide reporte ces forces à distance du point d'impact :**

- Le **risque de fracture** peut être augmenté,
- Le devenir de la dent peut être compromis par une situation défavorable des lésions.

Ainsi, en tenant compte de la répartition des forces décrites plus haut sur une dent antérieure maxillaire lors de l'incisivation (A.1.3), le choix du matériau de restauration collée pour la face vestibulaire se porte plus volontiers sur la **céramique**, dont la **rigidité proche de l'émail** permet :

- Une meilleure **réponse aux contraintes compressives**,
- La diminution des contraintes de traction dans la concavité palatine.

### B.1.3 Enjeux fonctionnels

L'approche biomimétique, à l'instar de toute restauration fixée, cherchera à restaurer les fonctions occlusales par le respect des caractéristiques morphologiques de l'unité dentaire précisées plus haut (A.1.2) et plus bas (A.4.2).

### B.1.4 Enjeux biologiques – la dent pulpée/dépulpée

Le biomimétisme s'exprime essentiellement à travers **l'économie tissulaire** des techniques **minimalement-invasives**. S'approcher au mieux des caractéristiques de la dent pour mieux la restaurer, c'est avant tout la préserver de toute perte de substance supplémentaire. Mais également de toute perte de vitalité.

Le **traitement endodontique**, au-delà de toute indication pulpopathique, s'impose encore dans bien des cas de prises en charges prothétiques fixées. Mais l'économie tissulaire recherchée et l'augmentation de la performance des systèmes de collage et des matériaux

repoussent les limites de certaines indications de la pulpectomie : le nombre de parois résiduelles ou le rapport couronne/racine peuvent ne plus être considérés dans certaines conditions comme un frein à la conservation de la vitalité.

Quand elle est conservée, la pulpe vivante non pathologique présente plusieurs avantages. Les problèmes posés par la dévitalisation en sont le reflet :

#### B.1.4.1 Caractéristiques mécaniques

La dévitalisation entraîne une **déshydratation de la dentine**, mais également une **modification de sa structure cristalline** : un accroissement observé de la taille des cristallites d'hydroxyapatite (50) est une probable explication à la **fragilisation de la dent dépulpée**. La **résilience dentinaire diminue** et le risque de fracture dentaire à l'impact est augmenté.

De plus, la cavité d'accès que les **critères de qualités de l'acte endodontique** veulent particulièrement large – à la largeur de la chambre pulpaire, parois parallèles et élimination des surplombs dentinaires – réduit encore la résistance de l'organe dentaire par une **perte de substance** et une **rupture des lignes de forces**. Justifiant une mise en sous-occlusion immédiate des dents postérieures dépulpées et leur prise en charge restauratrice rapide.

#### B.1.4.2 Caractéristiques esthétiques

Lorsqu'une nécrose pulpaire survient, la dentine peut être infiltrée par les **produits de la dégradation cellulaire**, créant une **dyschromie**.

De même, l'**infiltration tubulaire du ciment** d'obturation peut altérer la couleur de la dentine et ce, en fonction du type et de la couleur du ciment.

Ces dyschromies sont difficiles à masquer par voie externe, essentiellement lorsqu'il est nécessaire d'harmoniser la couleur de la dent avec sa voisine. Les anticiper peut passer par une utilisation parcimonieuse de ciment, le choix du **type de ciment** et un **blanchiment interne**.

#### B.1.4.3 Risques infectieux

Alors que la dent vivante – notamment porteuse d'élément prothétique – est exposée au **risque d'une pulpopathie** – pulpite ou nécrose – la dent dévitalisée, dépourvue de défense immunitaire intrinsèque, est exposée au **risque infectieux**.

Le traitement endodontique est un acte soumis à une **grande rigueur**. Si une seule étape est négligée, depuis la préparation jusqu'à l'obturation, le risque de contamination canalaire bactérienne per ou post-opératoire peut conduire à l'**échec**, c'est-à-dire le développement d'une **lésion inflammatoire périapicale d'origine endodontique (LIPOE)**.

De plus, s'il est communément admis que le succès d'un traitement endodontique est essentiellement dû à une **étanchéité parfaite du tiers apical** canalaire, un manque ou une perte d'**étanchéité du système prothétique** met en péril ce traitement.

#### B.1.5 Enjeux esthétiques

La restauration *ad integrum* de la **morphologie** de la couronne dentaire, de son **intégration** dans le sourire et de ses **propriétés optiques** implique la connaissance fine et la maîtrise de ces caractéristiques.

##### B.1.5.1 Usure dynamique

Or, ces dernières évoluent avec le temps, elles ne sont pas statiques. C'est ce que **Magné et Belser** appellent « *l'usure dynamique* » : sa prise en compte au sein de la tétrade *mécanique-fonction-biologie* est primordiale dans la création et l'utilisation de matériaux de restauration ; au niveau :

- Antérieur : la transformation des incisives passe par différentes étapes :
  - La dent jeune/immature présente des festons au bord incisal et état de surface caractéristique (périkymaties visibles),
  - Dans sa forme mature, le bord incisal est droit,
  - Dans sa forme plus âgée, elle présente un amincissement amélaire jusqu'à une exposition dentinaire.

- Postérieur : l'épaisseur d'émail plus importante au niveau des tables occlusales retarde l'exposition dentinaire liée à une usure normale. Les reliefs cuspidiens d'atténuent progressivement.

Cette usure dynamique peut poser des problèmes quant à l'esthétique mais également la mécanique du fait de **l'augmentation de la flexibilité** de la couronne par perte progressive de l'émail. Cette diminution de la capacité de génération de **forces de réaction** a des répercussions fonctionnelles : les dents antérieures de plus en plus élastiques n'assurent pas convenablement leur rôle incisal et s'usent encore davantage.

Cette usure est également à prendre en compte dans l'intégration esthétique de la restauration : l'aspect de la dent doit rester en accord avec l'âge du patient (voir plus loin).

#### B.1.5.2 Critères esthétiques fondamentaux

Comme vu plus haut (A.1.2), la forme de chaque dent est spécifique à sa fonction, et obéit à un « cahier des charges » universel. Mais certains aspects de cette forme vont varier d'un individu à l'autre, et être appréhendés dans une **appréciation globale du sourire** dépendant d'autres paramètres, de **critères objectifs et subjectifs**.

##### B.1.5.2.1 Critères objectifs

Critères objectifs esthétiques fondamentaux du bloc incisivo-canin maxillaire (6) :

- **Critère 1** – santé gingivale : aspect des muqueuses (gencive libre, attachée, muqueuse alvéolaire),
- **Critère 2** – fermeture des embrasures : dépendant de l'âge et de la santé parodontale, elles sont normalement fermées chez l'adulte,
- **Critère 3** – axes dentaires : inclinaisons des grands axes selon une ligne disto-apicale—mésio-coronaire,
- **Critère 4** – position transversale des zéniths gingivaux : point zénithal généralement décalé en distal par rapport au grand axe dentaire – non systématique pour les incisives latérales maxillaires et les incisives mandibulaires (Rufenacht),

- **Critère 5** – position des festons gingivaux : hauteur des zéniths les uns par rapport aux autres, ceux des incisives latérales sont sous ceux des incisives centrales, eux-mêmes plus bas que ceux des canines,
- **Critère 6** – la position des points de contact : ils s'apicalisent de mésial en distal,
- **Critère 7** – dimensions relatives des couronnes cliniques : des proportions idéales répondant à des règles mathématiques ont été cherchées de tout temps. Mais ce critère s'avère être subjectif et dépendant de la forme du visage ou de l'angle de vue :
  - Taille apparente des dents vues de face : l'angle sous lequel sont observées les dents antérieures – donc leur position dans l'arc incisivo-canin – influe sur la perception de leur taille et de leurs proportions ; les incisives latérales apparaissent plus étroites qu'elles ne le sont, et une légère rotation des centrales impacte sur l'esthétique du sourire,
  - Tentatives d'application du nombre d'or par **Lombardi** : depuis l'antiquité, le nombre d'or ( $\varphi \approx 1.618$ ) a été considéré comme une divine proportion et utilisé comme dans les arts et l'architecture ; sa présence au sein des proportions naturelles a donc été constamment recherchée, et souvent trouvée. Les dents n'y ont pas échappé, montrant les limites de son application car pour **Preston**, la proportion d'or génère une disharmonie en créant une compression des secteurs latéraux,
  - Influence de la forme sur la perception des proportions : les incisives latérales paraissent plus étroites qu'elles ne le sont, parce que plus triangulaires que les centrales. Un croisement avec les critères subjectifs est retrouvé : dominance dans le sourire et personnalité,
- **Critère 8** – forme dentaire de base : caractéristiques morphologiques fondamentales communes des incisives centrales, latérales et des canines ; on distingue également trois formes principales pour les centrales : carrée, ovoïde et triangulaire – ces trois familles sont retrouvées dans les dents du commerce et les facettes de cire pour technique de wax-up accéléré,

- **Critère 9** – caractérisation de la dent : sorte de « carte d'identité biométrique », c'est l'ensemble des taches, fissures, fêlures, lobes, facettes d'usures... spécifiques au patient,
- **Critère 10** – état de surface : microarchitecture d'origine embryonnaire – périky-maties (voir A.1.1.1) – ou fonctionnelle – stries d'usure, de brossage – qui influe sur les réflexions spéculaire et diffuse de la lumière (voir A.1.4) donc la perception de la couleur coronaire,
- **Critère 11** – couleur : voir A.1.4.1,
- **Critère 12** – configuration des bords incisifs : position relative des bords incisaux et des pointes canines, forme et aspect de ces bords – convexes, fins et translucides chez le sujet jeune, plat voire concave, épais et opaques chez le sujet âgé,
- **Critère 13** – ligne de la lèvre inférieure : position et forme du bord supérieur de la lèvre inférieure par rapport aux bords incisaux,
- **Critère 14** – Symétrie du sourire.

#### B.1.5.2.2 Critères subjectifs

Intégration esthétique spécifique des critères objectifs au sourire et au visage de l'individu :

- Variations de formes, d'arrangement, de position,
- Hauteur coronaire relative : « dents longues » ou « courtes », aspect corrélé à celui de la face – hypo/hyper-divergence ; influe sur la personnalité apparente de la personne :
  - Dents longues et triangulaires : volontaire, agressif,
  - Dents rondes et courtes : doux, aimable,
- Espace négatif : espace sombre délimité par la ligne des bords incisifs maxillaires et celle des bords incisifs mandibulaires lors du rire ou de l'entrouverture, mettant en valeur la forme des bords incisifs et des angles interincisifs (angle à ouverture inférieure présent entre les angles proximaux des bords incisifs),

## B.2 Classification ACE

### B.2.1 Description

La classification ACE, pour **Anterior Clinical Erosive** – évoquée plus haut (A.2.1.2) – propose en sus un **guide thérapeutique** pour les dents antérieures : les auteurs l'ont taillée sur mesure pour une prise en charge minimalement-invasive, plus spécifiquement leur technique.

Dans le cas des classes IV à VI, les auteurs propose une restauration par **approche sandwich** (voir B.3.3). Dans le cas des classes V et VI, les auteurs considèrent cette approche comme **expérimentale** du fait de l'importance de la perte de substance donc de la diminution de la résistance mécanique et de la surface de collage qui en résultent. Ils en étudient la viabilité à moyen et long terme depuis 2005 à l'Université de Genève (51) (voir C.3).

Le tableau suivant ordonne les critères de la classification et la thérapeutique suggérée pour chaque classe :

	Email palatin	Dentine palatine	Longueur du bord incisal	Email vestibulaire	Vitalité pulpaire	Thérapie suggérée
<b>Classe I</b>	Réduit	Non exposée	Préservée	Préservé	Préservée	<b>Abstention</b>
<b>Classe II</b>	Perdu au niveau des zones de contact	Faiblement exposée	Préservée	Préservé	Préservée	<b>Composites palatins</b>
<b>Classe III</b>	Perdu	Distinctement exposée	Perte ≤ 2mm	Préservé	Préservée	<b>Onlays palatins</b>
<b>Classe IV</b>	Perdu	Exposée de façon étendu	Perte > 2mm	Préservé	Préservée	<b>Approche sandwich</b>
<b>Classe V</b>	Perdu	Exposée de façon étendu	Perte > 2mm	Distinctement réduit/perdu	Préservée	<b>Approche sandwich (expérimental)</b>
<b>Classe VI</b>	Perdu	Exposée de façon étendu	Perte > 2mm	Perdu	Perdue	<b>Approche sandwich (très expérimental)</b>

### B.2.2 Intérêt

L'intérêt premier d'une telle classification, on l'a vu, est de proposer non pas une aide au diagnostic mais à la prise en charge thérapeutique par des techniques minimalement-invasives par matériaux collés – **plus spécifiquement l'approche sandwich**.

## B.3 Nouveaux outils et nouveaux concepts de l'approche conservatrice

### B.3.1 Gradient thérapeutique

En 2009, **Giles Tirlet et Jean-Pierre Attal** (52) réactualisent le concept de gradient thérapeutique (53) – depuis devenu « gradient de mutilation ». Il vise à fournir un guide pour la prise en charge thérapeutique en utilisant la technique la moins invasive possible adaptée à la situation clinique. Les thérapeutiques y sont classées **de la plus économe à la plus mutilante**.

Le gradient thérapeutique est synthétisé par ce diagramme conçu par les auteurs :

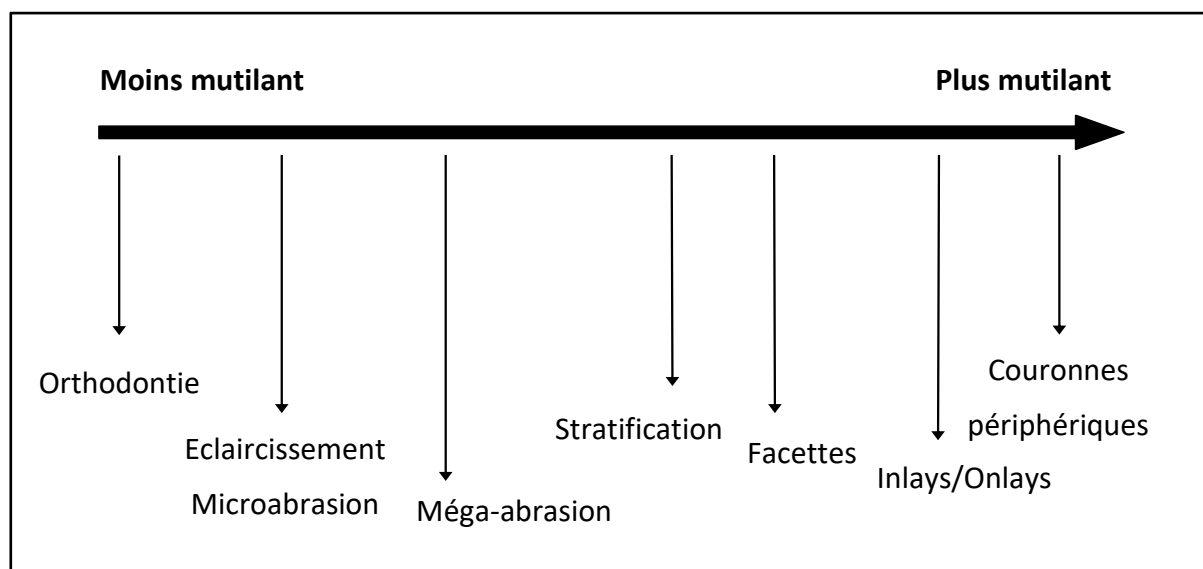


Figure 13 - Gradient thérapeutique - Tirlet G., Attal J.-P.

Face à une situation clinique, une ou plusieurs thérapeutiques sont d'abord choisies parmi les **moins mutilantes**.



En cas de succès de la thérapeutique appliquée, la prise en charge s'y limite ; en cas d'échec, **une thérapeutique plus invasive peut être envisagée**. L'avantage des thérapeutiques minimalement-invasives est qu'elles ne ferment pas la porte à des thérapeutiques plus mutilantes, l'inverse n'est pas vrai.

Les auteurs soulignent le fait que **l'orthodontie est trop peu souvent envisagée** et proposée par les omnipraticiens libéraux alors même qu'elle pourrait suffire à la résolution de bien des cas esthétiques.

L'utilisation de l'échelle thérapeutique doit tenir compte des **paramètres cliniques** propres au patient, notamment son **âge** et sa **santé générale**. Les auteurs l'illustre à travers la présentation de cas cliniques s'intéressant à trois stades de la vie : l'enfance, l'âge adulte et la sénescence.

### B.3.2 Technique des masques

#### B.3.2.1 Description

Décrite par **Galip Gürel** (54), elle constitue une aide et une simplification d'exécution dans la réalisation de la préparation en vue de la restauration par facettes céramiques.

C'est une technique utilisant les **mock-ups prévisionnels** comme **guides** pour la préparation à **pénétration contrôlée** :

- Les *mock-ups* antérieurs (voir C.2.3.2.2), après validation esthétique et fonctionnelle, sont réalisés *in situ* au moment de la préparation prothétique,
- Des stries de pénétration contrôlée sont exécutées transversalement à l'aide d'une fraise boule diamantée de diamètre 1,5 mm sur les faces vestibulaires : la boule pénètre latéralement de 0,5 mm, le mandrin de la fraise servant de butée,
- Les *mock-ups* sont retirés à l'aide d'instruments de détartrage manuels (204S) ou ultrasonores,
- Les stries sont reliées par le biais de fraises de préparation ou d'inserts ultrasonores diamantés,

- Des instruments au grain de plus en plus fin sont enfin utilisés pour la finition des surfaces et des congés périphériques.



*Figure 14 – mock-ups en place (A), taille à travers les mock-ups (B) - Chaberlin E.*

Appliquée à des dents ayant déjà subi une perte de substance vestibulaire – érosion, abrasion, parfois abfraction – la technique des masques établit la profondeur de la préparation sur le **projet prothétiques** – matérialisé par les *mock-ups* – et non sur les tissus dentaires résiduels. La quantité d'émail retiré ne sera donc pas la même au niveau des zones lésées qu'à celui des zones épargnées.

Elle peut également et selon les mêmes principes de réalisation être appliquée à la préparation des surfaces de collage en vue d'overlays postérieurs (voir C.2.3.2.4).

### B.3.2.2 Avantages/Inconvénients

La technique permet :

- **Un gain de temps** : la préparation n'est pas entrecoupée de contrôles peropératoires de la profondeur de préparation ; un contrôle postopératoire est cependant recommandé,
- **Une économie des matériaux** : bien que nécessitant l'utilisation de résine pour couronnes provisoires – idéalement composite – la technique des masques s'affranchit de l'utilisation des deux clés de contrôle de profondeur en silicone,
- **Une économie tissulaire** :
  - **Préparation moins mutilante** : l'économie tissulaire réalisée montre des bénéfices tant mécaniques – volume coronaire résiduel – que biologique – une préparation dentinaire pouvant s'accompagner de sensibilités et nécessiter une anesthésie,
  - **Amélioration de l'adhésion** par une préparation intra-amélaire : l'adhésion amélaire est bien plus performante et mieux maîtrisée que l'hybridation dentinaire, un collage amélaire est de ce fait préférable,
- Un contrôle et une réalisation facilités : les stries de pénétration contrôlée réalisées sur des surfaces artificiellement intactes évitent à l'opérateur d'adapter la profondeur de préparation.

Elle requière cependant, comme toute préparation **a minima**, une grande dextérité. La réussite et la qualité des préparations qui en résultent dépendent également de la qualité des *mock-ups*, leur validation doit être faite avec la plus grande rigueur.

### B.3.3 Approche sandwich

#### B.3.3.1 Principe

Une approche restauratrice minimalement-invasive décrite par **Magné et Belser** en 2007 (55) et **Vailati et Belser** en 2008 (20) (56) (57) (11) est de prendre la dent « en sandwich » dans le sens vestibulo-palatin entre :

- Une facette vestibulaire d'une part,
- Une résine composite en palatin d'autre part :
  - Incorporée en phase plastique – directe,
  - Incrustée – indirecte.

Plus communément appelée « **approche bilaminaire** », la thérapeutique se veut la plus économe possible au niveau tissulaire, dans le respect de « l'échelle thérapeutique » actualisée par **Tirlet et Attal** (52)(voir B.3.1).

Le choix de la technique de restauration des faces palatines est guidé par la valeur de **l'espace résiduel** :

- Si les surfaces de guidages sont **éloignées de moins d'1 mm**, les faces palatines seront facilement restaurées « à main levée », par matériau incorporé en phase plastique,
- Si les surfaces sont **éloignées d'une distance « significative »** – laissée au jugement du praticien – rendant très complexe leur restauration par technique directe, la technique indirecte par matériau incrusté est privilégiée,
- Si les dents présentent un **délabrement de toutes leurs faces**, la morphologie des faces palatines sera extrêmement difficile à reproduire isolément, notamment en présence de la digue, en raison de l'absence de repères visuels. La restauration indirecte est dans ce cas également privilégiée.

#### B.3.3.2 Avantages/Inconvénients

En ce qui concerne la perte de substance associée à la préparation périphérique en vue d'une couronne, les auteurs soulignent le fait que dans le cas :

- D'une couronne **céramo-métallique (CCM)**, le **congé cervical** est profond au **minimum de 1,5 mm**,
- D'une couronne **céramo-céramique (CCC)**, le congé cervical est plus fin – **1 mm** – mais la nécessaire mise de dépouille en fait perdre le bénéfice.

Ils font également état d'études montrant l'importance mécanique des crêtes marginales sur les dents postérieures, donc l'importance de leur conservation. Les auteurs dénoncent ainsi la **fragilisation structurelle** des dents postérieures par des préparations de type **MOD pour Inlays**. Ils estiment que la perte des « crêtes » marginales des dents antérieures a les mêmes conséquences sur leur résistance mécanique et leur flexibilité, phénomène qu'ils nomment « **théorie de la raquette de tennis** » – la résistance du filet de la raquette n'étant permise que par son cadre. Cette importance biomécanique des crêtes marginales a également été soulignée par **Magné et Belser** (6)(voirA.1.3).

La préparation coronaire en vue de couronnes prothétiques achève selon eux les **processus destructifs** initiés par l'érosion et nécessite dans bien des cas le **traitement endodontique** des dents concernées, puis leur **renfort par ancrage radiculaire**. Selon les auteurs, très peu – voire trop peu – d'études ont cherché à évaluer le **succès et la pérennité des couronnes sur dent vivante** et aucune étude n'a été réalisée sur le devenir à long terme de dents dévitalisées couronnées posées sur de **très jeunes patients**. La littérature est cependant dense en ce qui concerne les « problèmes » qui peuvent survenir après dévitalisation : **LIPOE, dyschromie, fracture radiculaire**.

*L'approche sandwich* propose une **alternative thérapeutique** dans la prise en charge restauratrice des dents érodées, avec comme objectif d'une part d'**éviter un traitement invasif** fragilisant la dent et d'autre part de **maintenir la vitalité pulpaire**.

### B.3.4 Conception/Fabrication Assistée par Ordinateur – CFAO

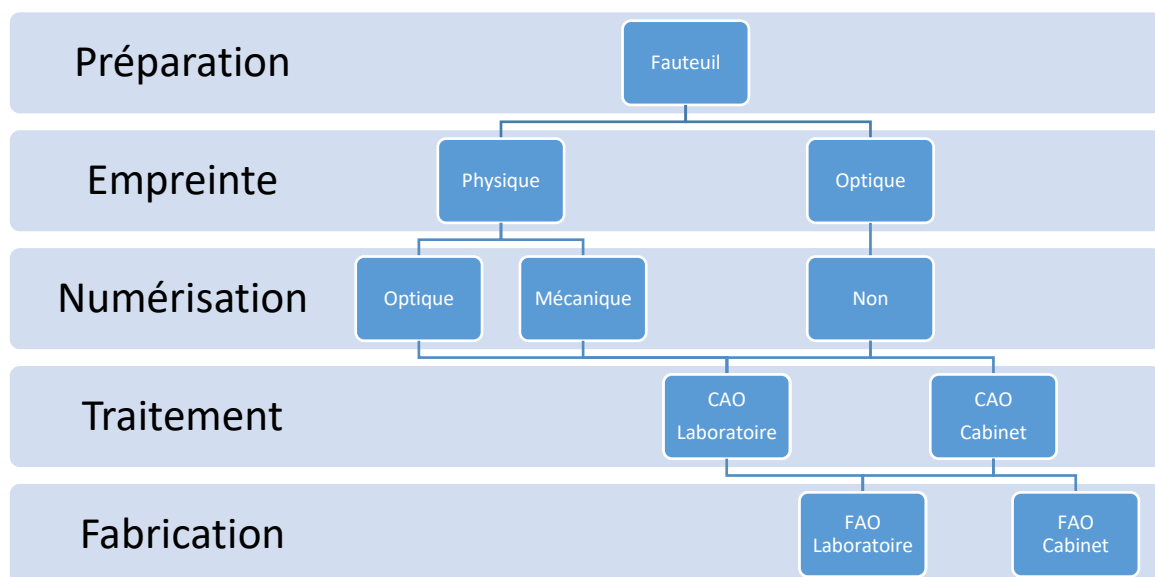
Procédé qui s'est peu à peu imposé dans l'industrie avec l'avènement et le perfectionnement de l'informatique, la conception/fabrication assistée par ordinateur – CFAO ou CAO/FAO et CAD/CAM en anglais pour *computer-aided design/computer-aided manufacturing* – a fait son apparition dans le domaine dentaire à la fin des années 1960 (58).

#### B.3.4.1 Conception Assistée par ordinateur – CAO

Le traitement informatique des données passe naturellement par leur acquisition, donc l'utilisation d'outils de prise d'empreintes dématérialisée. Cette acquisition peut se faire

soit au laboratoire à partir de la coulée issue d’une empreinte physique, soit directement en bouche.

Dans le premier cas, elle peut être optique comme mécanique et réalisée à l’aide d’un palpeur. La numérisation au laboratoire permet ainsi l’utilisation d’outils d’usinage (FAO) de haute précision – par fraisage, découpe laser ou frittage laser – et de pièces prothétiques multiples simultanément. Les différents circuits sont résumés dans le diagramme suivant :



#### B.3.4.2 Fabrication Assistée par ordinateur – FAO

Différents types de machines-outils sont capable de fabriquer des éléments prothétiques, soit par matériau perdu – usinage fraisage, usinage laser de blocs et de plaques – soit par adjonction – frittage laser de poudres céramiques. Comme résumé dans le diagramme précédent, ces machines peuvent être à disposition du prothésiste ou du praticien.

#### B.3.4.3 Systèmes de CFAO au cabinet

Dans le **circuit court** de la CFAO dentaire, l’unité d’acquisition et de traitement – caméra à empreinte optique et ordinateur – est directement reliée à l’unité de fabrication, au cabinet. La livraison des éléments est alors **immédiate**.

C’est ce circuit qui nous intéresse ici, sa rapidité étant à l’origine du choix de son utilisation dans la *modified Three-Step Technique* (59).

## C. La *Three-Step Technique*

### C.1 Objectifs, indications

Intérêt recherché : un **fractionnement** de la réhabilitation facilitant sa mise en œuvre.

La *Three-Step Technique* (20) (56) (57) a été pensée pour répondre de façon minimale-invasive au besoin thérapeutique spécifique lié à l'**érosion dentaire généralisée** chez le **sujet jeune**. Bien que théoriquement applicable à d'autres types de pertes de substance étendues (voir A.2.2), les praticiens à l'origine de sa mise au point se sont focalisés sur cette indication pour en évaluer les possibilités et la pérennité.

Les modalités d'application de la thérapeutique dépendent entre autres de la sévérité des lésions dont la classification ACE est le guide (voir B.2).

Jusqu'alors, les thérapeutiques communément admises car les mieux maîtrisées consistaient en la restauration globale par **couronnes périphériques** sur dents **dévitalisées**. Invasive et mutilante, une telle prise en charge peut être remise en cause à l'heure où les **systèmes d'adhésion et de collage**, les **matériaux** et leur maîtrise ont considérablement évolué. Chez une population jeune de plus en plus affectée par l'érosion sévère (voir A.2.1.4), il convenait de s'interroger :

« *Quel est l'avenir dentaire d'un jeune patient traité par ces restaurations ?* » (20)

Aucune étude de long terme n'a été menée sur ce type de prise en charge globale, bien que les études de cas soient nombreuses. Mais les questions soulevées par la réalisation de traitements endodontiques (voir B.1.4), des prothèses périphériques et des propriétés biomécaniques de l'ensemble autorisent partiellement une extrapolation à l'échelle des restaurations plurielles.

Les auteurs proposent d'envisager désormais les **thérapeutiques collées avancées** en **première intention** – moins invasives et plus économes – qui ne ferment pas la porte à des restaurations plus lourdes *a posteriori*. Le résultat esthétique serait également mieux maîtrisé – à opérateur équivalent – du fait de l'amélioration :

- De la **translucidité** de la restauration,
- De la **couleur** liée à l'état de la vitalité pulpaire,
- De **l'interaction avec la gencive** marginale (*Pink Esthetic Scale* – PES).

Cependant, force était de constater en 2008 qu'il n'existait pas non plus d'étude de cas à **long terme** sur les restaurations globales collées. Depuis, l'évolution des produits, l'engouement des praticiens pour ces techniques et les formations qui leurs sont consacrées ont permis, sinon la généralisation de ces thérapeutiques, au moins **l'augmentation du nombre de cas pris en charge**.

## C.2 Définitions, principes

Le protocole, mis au point par **Francesca Vailati** et son équipe doit son nom à sa décomposition en trois étapes de laboratoire et trois étapes cliniques, qui sont :

1. La réalisation de wax-ups sur les faces vestibulaires de 15 à 25 conduisant à la réalisation d'une maquette (*mock-up*),
2. La réalisation de wax-ups sur les faces occlusales des dents postérieures avec augmentation de la Dimension Verticale d'Occlusion (DVO) servant de référence pour la réalisation d'overlays provisoires postérieurs,
3. Un rétablissement du guide antérieur, la réalisation et le collage de facettes vestibulaires d'usage sur les dents antérieures maxillaires ; le remplacement des overlays provisoires postérieurs par des overlays d'usage.

### C.2.1 Première étape

#### C.2.1.1 Laboratoire : wax-up des dents maxillaires antérieures

Après une **analyse esthétique du sourire**, une **analyse fonctionnelle**, des **empreintes**, un **enregistrement de l'occlusion** et un **enregistrement de la position du maxillaire** à l'arc facial effectués au fauteuil par le praticien, le prothésiste réalise un *wax-up* sur les faces vestibulaires des dents maxillaires de la deuxième prémolaire droite (15) à la deuxième prémolaire gauche (25). Cette étendue du wax-up a été décidé ainsi car selon les auteurs :



- Un *wax-up* sur les dents postérieures n'est pas esthétiquement nécessaire et constitue une perte de temps pour le technicien,
- Un *wax-up* de canine à canine ne suffit pas à l'analyse et la validation des critères esthétiques du sourire (voir B.1.5.2) et les canines sembleraient trop longues.

C'est la **ligne du sourire**, reconstituée par le *wax-up*, qui guide la prise en charge restauratrice.

La présence d'une compensation alvéolaire maxillaire – fréquente, voire systématique selon la sévérité de l'érosion des faces palatines des incisives – implique le déplacement apical des collets. Cette apicalisation des zéniths est alors simulée par le *wax-up*, la cire recouvrant une partie de la gencive sur le modèle. Les *mock-ups* qui en sont tirés guident la chirurgie muco-gingivale.

#### C.2.1.2 Clinique : validation du *wax-up* par un *mock-up*

Du *wax-up* est tiré une **clé en silicone** ajustée et découpée qui permet la **réalisation *in situ*** d'un *mock-up* : la clé est chargée avec une **résine composite chémopolymérisable** pour prothèses provisoires, et insérée en bouche.



Figure 15 - Chargement de la clé - Chabertlin E.

Après retrait de la clé, les rares excès sont éliminés. La rétention mécanique est obtenue grâce aux contre-dépouilles.



Figure 16 - Essayage des mock-ups - Chaberlin E.

Le traitement dans son ensemble, cette étape en particulier, nécessite une excellente **communication patient-praticien-prothésiste** afin que le résultat corresponde au mieux aux **attentes du patient** et aux **objectifs du praticien**.

En effet, dans les cas d'érosions étendues sévères pris en charges, le patient a intégré le délabrement dentaire dans son **schéma corporel** et les modifications qui y sont apportées par le clinicien peuvent lui **paraître disharmonieuses**. Le nouveau volume des dents antérieures simulé par le *mock-up* est d'abord perçu comme excessif, de là l'importance de laisser au patient un **temps d'essayage** suffisant. Temps qui permet au patient de bénéficier du **perçu de son entourage** pour l'aider dans la **validation** ou **l'ajustement** du projet esthétique – et **fonctionnelle** avec la mise à l'épreuve de la **phonation**.

Après essayage et validation du *mock-up* – soit en l'état, soit après ajustements – les nouvelles *guidelines* sont transmises au prothésiste pour la réalisation des *wax-ups* postérieurs. A ce stade, il faut également transmettre la **DVO augmentée** et la **relation intermaxillaire**.

### C.2.1.3 Augmentation de la DVO

#### C.2.1.3.1 Pourquoi ?

Chez les sujets atteints d'érosion sévère généralisée, l'érosion des faces palatines des incisives antérieures maxillaires implique :

- Une **atteinte de la dentine** avec accélération de l'usure occlusale,
- Une **fracture du bord incisal** avec retentissement esthétique,
- Une **compensation alvéolaire** – plus importante à la mandibule,
- Une **modification du schéma occlusal**.

Pour enrailler ces phénomènes, un **recouvrement des faces palatines** est indiqué. **L'augmentation de la DVO est nécessaire** à la création de **l'espace prothétique antérieur**. Cette augmentation sera rendue possible par le **recouvrement occlusal** des prémolaires et molaires.

Le *mock-up* antérieur guide le positionnement du nouveau plan d'occlusion : la position des sommets cuspidiens des molaires maxillaires est déterminée par rapport à celle des bords incisifs maxillaires et des sommets cuspidiens des canines et prémolaires.

Un autre problème posé par l'érosion généralisée sévère est qu'elle peut provoquer la formation d'un **sourire inversé** par des **compensations alvéolaires** maxillaire postérieure et mandibulaire antérieure. Quand l'inversion est très importante, l'allongement des dents maxillaires antérieures ne permet pas la réhabilitation d'une **courbe de Spee harmonieuse** sans une préparation plus importante des dents maxillaires postérieures :

- Ces dents sont passées sous le nouveau plan d'occlusion et il convient de les y re-superposer,
- Du fait de la compensation alvéolaire maxillaire antérieure, les bords incisaux sont souvent restés proche d'une hauteur esthétique et fonctionnelle,
- La règle des tiers limite l'ouverture de l'espace prothétique postérieur (voir A.4.3.3).

Leur préparation vise ainsi à garantir :

- Une épaisseur de matériau suffisante,
- Une position du plan d'occlusion en accord avec la ligne du sourire (comme vu plus haut).

Ce cas de figure où le plan d'occlusion est plus haut que le centre de l'espace prothétique induit de fait une restauration plus volumineuse – mais moins délabrante – des molaires mandibulaires. Des élongations coronaires des molaires maxillaires peuvent aussi être réalisées pour parfaire le traitement esthétique de la ligne du sourire.

#### C.2.1.3.2 Détermination de la valeur d'augmentation de DVO

L'augmentation de DVO est indispensable à la restauration des faces occlusales des dents postérieures et des faces palatines des incisives maxillaires avec un minimum de préparation et éviter leur dévitalisation : elle crée l'espace prothétique. Le praticien doit établir une nouvelle DVO :

- **La mieux tolérée** par le patient et autorisant les contacts nécessaires au guide antérieur (voir ci-après),
- Offrant un **espace prothétique postérieur suffisant** pour permettre la restauration des faces occlusales avec un minimum de perte de substance.

#### C.2.1.4 Choix de la position intermaxillaire de référence

L'augmentation de DVO pouvant être faite en ORC comme en OIM, le praticien doit faire le choix de la relation intermaxillaire la plus adaptée. Or, selon les auteurs, ce choix est sujet à controverse dans le cadre d'une réhabilitation global.

##### C.2.1.4.1 Occlusion de Relation Centrée ?

La littérature disponible privilégie le choix de la RC dans le cas de restaurations étendues, car elle est considérée comme la **seule position stable reproductible**. Ce, même si l'OIM

est stable et fonctionnelle. Cette approche est validée dans le cadre d'une réhabilitation globale classique avec restauration prothétique de toutes les dents où les deux arcades sont restaurées simultanément, le praticien étant confronté à :

- Un risque de **perte de référence** en cours de traitement,
- Une perturbation de la **proprioception occlusale** – liée à **l'anesthésie étendue** de la cavité buccale lors des préparations – interdisant la collaboration du patient : l'OIM physiologique n'est pas retrouvée.

#### C.2.1.4.2 Occlusion d'Intercuspidie Maximale ?

Dans le cas des nouvelles approches restauratrices minimalement-invasives, la planification autorise une réhabilitation quadrant par quadrant : **le calage est maintenu** en permanence par le côté controlatéral, porteur du *mock-up* préfigurant les futurs overlays. **L'utilisation de l'OIM y est rendue possible**. Les auteurs contestent de ce fait l'utilisation de la RC comme position de référence.

De plus, en cas de **classe d'Angle II molaire** chez les patients atteints d'érosion sévère, les auteurs ont observé que l'augmentation de DVO, si elle est réalisée en RC, peut provoquer une **augmentation du surplomb incisif** (*overjet*) donc rendre plus difficile la restauration du **guide antérieur**, celle-ci nécessitant soit :

- D'augmenter la longueur des incisives mandibulaires, conduisant à inversion du sourire,
- D'augmenter le volume cingulaire des incisives maxillaires de manière significative.

Or, les auteurs ont été confrontés à un nombre important de ces patients avec un **décalage important entre OIM et ORC** – du fait d'un **proglissement mandibulaire** concomitant à l'érosion – ne permettant pas la récupération d'un guide antérieur en ORC par la seule reconstitution des faces palatines. Ils ont donc opté pour une réhabilitation et une **augmentation de DVO en OIM** avec pour seul réglage celui de la tige incisive d'un articulateur semi-adaptable. Ils ont ainsi maintenu le rapport intermaxillaire physiologique créé par le proglissement, plus propice à la réhabilitation du guide.

## C.2.2 Deuxième étape

### C.2.2.1 Laboratoire : *wax-up* des faces occlusales des dents postérieures

Pour éviter tout échec et tout rejet de la nouvelle DVO, cette dernière est **testée cliniquement** avant toute thérapeutique invasive irréversible.

Les solutions disponibles pour « *l'essai clinique de la faisabilité d'une augmentation de DVO choisie arbitrairement* » (sic.) étaient, au moment de la mise au point de la *Three-Step Technique* :

- **La pose d'une gouttière occlusale** : l'approche **traditionnelle** et **réversible** pour la détermination d'une DVO idéale. Les auteurs considèrent cependant qu'il est irréaliste de penser qu'un patient professionnellement actif sera à même d'en supporter le port 24H /24 pendant plusieurs mois. Ce mode de validation est pourtant utilisé par d'autres auteurs de séquences de traitements minimalement-invasifs (45),
- **La pose d'overlays provisoires manufacturés** : cette solution rajoute une étape de laboratoire – sauf si elle est réalisée via la CFAO – et n'est pas totalement réversible, car nécessite une préparation des dents,
- **La restauration par résines composites directes** : la réalisation manuelle d'autant de composites est extrêmement chronophage, difficile et ne permet pas la reproduction exacte du schéma occlusal déterminé par les wax-ups sur les modèles d'étude.

Les auteurs considéraient ces trois solutions comme extrêmement **aléatoires** et présentant des inconvénients rédhibitoires. Ils ont donc mis au point un procédé qui **combine les avantages** de ces trois techniques : la création d'une « ***gouttière de protection occlusale fixe*** » (sic.). Cette « gouttière » consiste en des **overlays provisoires jumelés** en résine composite réalisés *in situ*.

La seconde étape de laboratoire consiste de fait en la réalisation des *wax-ups* qui vont donner naissance à cette gouttière. Ceux-ci sont exécutés sur les faces occlusales des prémolaires et des molaires – à l'**exclusion de la dernière molaire** de chaque hémio-arcade (voir plus loin).

Des clés en silicone transparent en sont tirées. Leur réalisation implique le retrait d'une partie de la cire des *wax-ups* :

- Des canines pour obtenir un **repère mésial stable** à l'insertion des clés en bouche,
- Des faces palatines/linguales et vestibulaires des prémolaires et molaires pour que les clés soient mieux ajustées au niveau de la **ligne de plus grand contour** et éviter les fusées de résine.

#### C.2.2.2 Clinique : validation du wax-up par des overlays provisoires

##### C.2.2.2.1 Préparation

Les dents postérieures sont préparées pour la réception des overlays provisoires : mordantage (*etching*) des faces occlusales, application de primer et d'adhésif. Selon les auteurs, une **anesthésie n'est pas nécessaire** pour le mordantage, même dans les cas d'exposition dentinaires importantes, les dents ne présentant que rarement des sensibilités sur les faces occlusales : la dentine exposée y est **sclérotique** et la pulpe a produit de la **dentine réactionnelle** (voir A.1.1.2).

Comme introduit plus haut, les deuxièmes – ou troisièmes – molaires sont exclues du *wax-up/mock-up* :

- La stabilisation distale des clés lors de la réalisation des onlays provisoires est garantie,
- Trois dents postérieures suffisent pour assurer un calage postérieur,
- Un repère visuel de l'augmentation de la DVO est conservé.

Les embrasures sont éventuellement comblées avec du téflon ou un matériau d'obturation provisoire – type Cavit® ou Cimavit® – pour éviter des fusées de résine dans l'espace interproximal.

#### C.2.2.2.2 Choix des matériaux

Un composite présentant un écart de couleur avec les dents naturelles est choisi pour en faciliter la dépose ultérieure.

Les clés sont chargées avec le composite, sans excès pour éviter une trop grande quantité de débords à éliminer et un mauvais ajustement des clés. La faible rigidité des clés impose l'utilisation d'une résine fluide :

- Les **résines fluides** à température ambiante – dites *flow* – sont soumises à une forte **contraction de prise** et sont caractérisées par une **résistance moindre** à l'usure et à la pression,
- Les auteurs préconisent la **fluidification de résines thixotropes** par un réchauffement préalable.

#### C.2.2.2.3 Réalisation des overlays provisoires

La résine composite est photopolymérisée à travers les clés. Les amalgames éventuellement présents sont recouverts et n'ont pas besoin d'être déposés pour l'heure.



Figure 17 - Mock-ups postérieurs/overlays provisoires - Chabertlin E.



Du fait du jumelage, l'espace interproximal est rendu inaccessible par abord occlusal, interdisant le maintien de l'hygiène par l'utilisation de fil dentaire classique, mais peut être nettoyé par abord vestibulaire à l'aide de fil « *Superfloss* » – fil dentaire prédécoupé, avec une extrémité rigide pour l'introduction par l'embrasure et un corps en tricotin pour une utilisation longitudinale.

#### C.2.2.2.4 Pourquoi une « gouttière fixe » ?

Outre son intérêt vis-à-vis des autres solutions, les avantages d'une « gouttière occlusale fixe » sont :

- La possibilité d'obtention d'une **compliance totale** quant à l'essayage de l'augmentation de DVO (on l'a vu : contrairement aux gouttières amovibles),
- Sa **réversibilité**, par l'absence de préparation,
- Sa **dépose aisée** en cas d'apparition de signes de DAM,
- La possibilité de la **non-utilisation d'un champ opératoire** – une digue dentaire – lors de leur réalisation, bien que sa pose améliore considérablement la valeur de l'adhésion donc la stabilité des overlays durant leur mois de vie en bouche,
- La facilité des **retouches** et des **corrections** durant l'essayage – notamment après restauration d'usage du guide antérieur,
- Le **calage du quadrant** lors de la préparation puis la restauration d'usage du quadrant controlatéral – et la possibilité de réajustements occlusaux pour s'adapter au schéma occlusal des overlays d'usage.

#### C.2.2.2.5 Quel temps de port ?

Au moment de l'expérimentation (2008), il n'y avait pas de consensus quant au temps nécessaire pour régler et valider la nouvelle DVO : le seul « sens clinique » a été à la base du choix des praticiens (voir C.3). Les auteurs ont suggéré « *arbitrairement* » (sic.) **1 mois** d'attente et de port des overlays provisoires. La nouvelle DVO est alors validée dès lors qu'après 1 mois dans cette nouvelle position **le patient n'est pas incommodé** et ne présente **pas de signes de DAM**.

La dépose et le remplacement des overlays provisoires sont réalisés après restauration d'usage des secteurs antérieurs.

### C.2.3 Troisième étape

Restauration des dents antérieures maxillaires par « *l'approche sandwich* ».

#### C.2.3.1 Laboratoire : confection des facettes et des onlays antérieurs

Du fait de l'érosion, la perte de substance sur ces dents conduit à des **morphologies concaves**, notamment en palatin. Cette perte est **potentialisée par l'attrition** (voir A.2.3). Lorsque la dentine est atteinte, l'érosion s'accroît, jusqu'à la fragilisation et la fracture des bords incisifs.

##### C.2.3.1.1 Validation de la DVO

Après un mois de port des overlays provisoires et validation de la nouvelle DVO, de **nouvelles empreintes** et un **nouvel enregistrement** à l'arc facial sont réalisés et les modèles montés en articulateur en OIM – pour se faire, un nouvel enregistrement du guide antérieur y est adjoint : il sert à la création d'une tige incisive individualisée et la conservation des nouveaux paramètres validés en bouche. Ce second montage permet de vérifier que la nouvelle position du plan d'occlusion correspond bien à ce que praticien et prothésiste avaient prévu et que les **overlays provisoires sont toujours fidèles au wax-up initial**. L'exclusion des deuxième molaires de la restauration provisoire améliore la visualisation de l'augmentation de DVO.

##### C.2.3.1.2 Préparations en vue de la *Sandwich approach*

L'idée défendue par les auteurs est que, dans les cas d'érosion, le **volume dentaire résiduel doit être conservé** à tout prix. Or, les thérapeutiques conventionnelles, par les préparations périphériques qu'elles requièrent, accroissent cette perte. C'est ce qui les a conduits à envisager la mise au point et l'utilisation de l'approche sandwich (voir B.3.3).

Ainsi, les dents ne sont pas préparées de façon à recevoir des couronnes, et dans le cas de lésions étendues de classe III de Black – i.e. lésions proximales des dents antérieures sans atteinte des bords incisifs (60) – les auteurs proposent un comblement des volumes manquants par des restaurations pré-prothétiques par matériau incorporé en phase plastique (résines composites directes).

La préparation des faces palatines dans la *sandwich approach* est, chez ces patients, aisée car minimale : atteintes d'érosion modérée à sévère, les dents s'avèrent être à même d'accueillir les overlays, tant les pertes de substance peuvent être importantes. S'y adjoint la présence de congés supra-gingivaux « physiologiques », par la **préservation d'émail** intra-sulculaire dans la plupart des cas traités : on parle d'un rôle tampon du fluide trans-gingival (voir rôle de la salive A.2.1.3.1). Cette présence d'émail résiduel améliore notamment le collage et la **fiabilité du joint périphérique**.

La préparation en vue des onlays palatins va se résumer à l'ouverture des points de contact par **stripping** pour faciliter le travail du prothésiste et la **suppression de l'émail non soutenu** du bord incisal, trop fin. La **dentine exposée est nettoyée** à l'aide d'une pâte à polir sans fluor et la couche superficielle retirée à la fraise diamantée. La superficialité des préparations épargne au patient une hypersensibilité et au praticien la nécessité de réaliser des restaurations provisoires. Dans le cas de **sensibilités**, et pour améliorer la valeur d'adhésion, une **hybridation dentinaire immédiate** est envisageable (voir A.3.1.1.3). On réalise un nouveau mordue antérieur en OIM.

Les maîtres-modèles sont montés en articulateur en OIM sans nouvelle utilisation d'un arc facial – le maxillaire pouvant être positionné grâce au montage précédent. Le prothésiste porte particulièrement attention à la réalisation d'un guide antérieur fonctionnel et la future **jonction entre l'onlay palatin et la facette vestibulaire**. Certains prothésistes réalisent directement les onlays palatins quand d'autres préfèrent passer par des *wax-ups* prédictifs afin de visualiser les jonctions onlay-facette. Praticiens et prothésistes choisissent ensemble de restaurer la longueur des dents ou non par le biais des onlays en fonction de la situation clinique.

Pour stabiliser et augmenter la précision de positionnement lors du collage, les auteurs préconisent la réalisation sur l'onlay palatin d'un léger retour vestibulaire « en crochet » : le « stop incisal ». Crochet aisément fraisé après pose.

#### C.2.3.1.3 Contraintes esthétiques transitoires

Avec **l'élimination du bord incisal** et le **calage postérieur** dans la nouvelle position, une **béance antérieure temporaire** est créée. Celle-ci disparaît avec la livraison des onlays palatins.

Les auteurs ont constaté que dans les cas d'érosions les plus sévères les faces vestibulaires présentent un **assombrissement** dû à **l'amincissement de la couche d'émail**. La dentine – davantage visible – peut être plus saturée par la présence de **dentine réactionnelle**. Cet assombrissement conduit les patients atteints à se tourner dans un premier temps vers **l'éclaircissement dentaire, pourtant inefficace**.

Cette dyschromie crée un **décalage colorimétrique** entre la partie visible de l'onlay palatin – en incisal – et la face vestibulaire naturelle – en cervical – et nécessite une bonne communication de la part du praticien.

Ces désagréments, bien anticipés, sont généralement bien acceptés par les patients. L'illustration du projet esthétique via le *mock-up* antérieur joue donc un rôle primordial dans la **compliance** et la **coopération**.

### C.2.3.2 Clinique : collage des éléments d'usage

#### C.2.3.2.1 Collage des onlays palatins



Figure 18 - Onlays palatin en composite de laboratoire - Chabertlin E.

L'étape la plus délicate à ce stade est le collage des onlays, « *non tant du fait de l'accès visuellement difficile au champ opératoire mais davantage du fait de la nécessité du contrôle de l'humidité* » (57). Au contraire des restaurations provisoires qui n'imposent pas l'utilisation d'une digue dentaire, la pose d'onlays palatins indirects d'usage ou leur réalisation directe ne peuvent évidemment pas s'en affranchir.

Le protocole de collage utilisé en 2008 était celui proposé par **Pascal Magné** (61), en remplaçant le **mordançage par acide fluorhydrique** de l'intrados des onlays par un **sablage** (dans l'étude : Cojet Sand® 30 µm, 3M Espe©), leur choix s'étant porté sur des éléments en **composite de laboratoire** (voir C.4) : les onlays sont préparés l'un après l'autre. Des **crampons** sont placés sur les dents recevant les onlays afin d'empêcher la digue de remonter au niveau des **marges de la préparation**. Des **ligatures** peuvent également être utilisées.

La rigueur du protocole de collage est d'autant plus importante que :

- Le substrat impliqué est une **dentine sclérotique** (voir A.2.4.6.1),
- Le rapport **surface résiduelle/hauteur prothétique** est défavorable : la hauteur de la couronne après restauration est jusqu'à deux fois plus importante que sa hauteur résiduelle.

Le succès à long terme de telles restaurations dépend selon les auteurs du respect de conditions optimales lors du collage et de la **présence d'email résiduel** sur l'ensemble des marges des surfaces de collages – à l'exception du bord incisal : il présente toujours une exposition dentinaire qui sera « emprisonnée » entre les deux restaurations. Dès lors que la digue a été correctement posée, le positionnement des onlays est facilité par la présence du **stop incisal**. Les marges sont **supragingivales**.



*Figure 19 - Mordançage des faces palatines - Chaberlin E.*



*Figure 20 - Collage des onlays palatins, avec ligatures et bandes celluloïds - Chaberlin E.*

#### C.2.3.2.2 Préparation en vue des facettes

Une fois toutes les étapes précédentes réalisées, l'occlusion et le guide antérieur établis, le praticien bénéficie de plus d'amplitude pour la réalisation des facettes vestibulaires. Cette étape est à effectuer préférentiellement avant le remplacement des onlays provisoires postérieurs. Les auteurs recommandent la **réalisation d'un second wax-up** qui servira de base

aux facettes provisoires et d'usage et guidera la préparation. Ce *wax-up* n'inclue cette fois-ci que **le bloc incisivo-canin**. La position du nouveau plan d'occlusion et le guide antérieur ayant été réglés après le premier *wax-up/mock-up*, le second wax-up en tient compte et l'aspect – longueur et forme – des dents antérieures s'en trouvera légèrement modifié.

Une **première clé en silicone** est obtenue à partir du nouveau *wax-up* et sert à la réalisation du *mock-up*, à l'instar de la première étape. Si ce dernier est validé par le patient, **deux autres clés sont fabriquées** pour servir de guide à la préparation (clés de réduction) : une pour la réduction de la face vestibulaire, l'autre pour la réduction du bord incisal. La **technique des masques** (voir B.3.1) simplifie la préparation à ce stade en supprimant notamment ces deux dernières clés.

La **présence d'onlays palatins** différencie cette préparation des préparations habituelles pour facettes vestibulaires. Ceux-ci sont considérés comme faisant **partie intégrante** de la dent et traités comme telle. Le joint palatin de la facette se trouve alors au niveau de l'onlay et une partie de l'interface de collage est entre résine et céramique.

Les auteurs ont opté pour une suppression totale de la partie incisale de l'onlay palatin au moment de la préparation. Ce choix est justifié par :

- Une **position du joint palatin** (résine/céramique) mécaniquement plus fiable au niveau de la **convexité cingulaire** que de la **concavité palatine** (voir A.1.3),
- Une conception de la facette facilitée par le **retrait de la « dichotomie chromatique »** résine/dent naturelle décrite plus haut,

Ce principe a été suivi, même dans les cas de perte de substance correspondant à près des  $\frac{3}{4}$  de la longueur de la couronne clinique (cas extrême pour lesquels cette approche est hautement expérimentale, voir B.2.1).

Une **IDS** peut être envisagée à ce stade, si une surface importante de dentine est exposée par la préparation.



Après de nouvelles empreintes – naturellement accompagnées d'un choix de couleur – des facettes provisoires sont réalisées *in situ*, suivant les mêmes principes de conception et de rétention que les *mock-ups*.

Les facettes sont livrées 2 semaines plus tard.

#### C.2.3.2.3 Collage des facettes céramiques

Le même protocole de collage que pour les overlays – en conservant cette fois le mordantage de l'intrados des facettes céramiques à l'**acide fluorhydrique** – est mis en place.

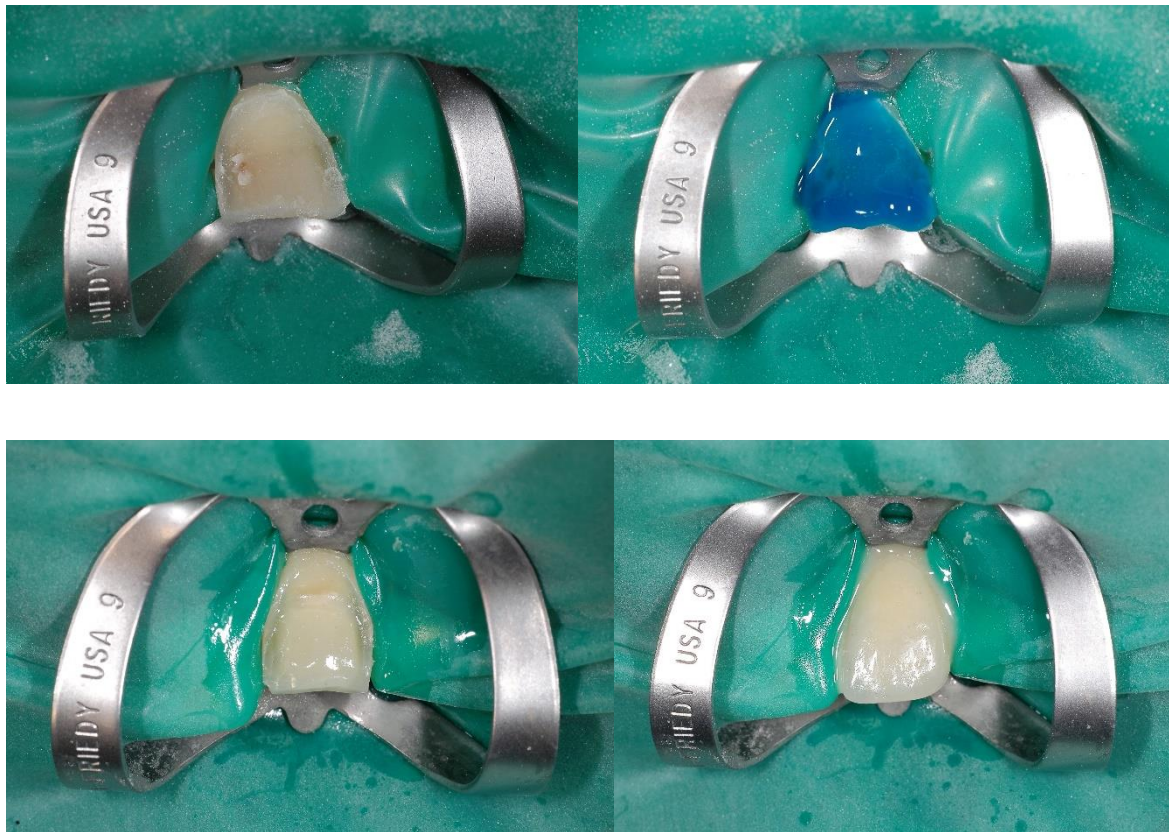


Figure 21 – Sablage, mordantage, application d'adhésif et collage – Chaberlin E.





Figure 22 – Aspect post-opératoire – Chabérin E.

#### C.2.3.2.4 Remplacement des overlays postérieurs

Une fois ces étapes terminées, le remplacement des overlays postérieurs par des restaurations d'usage peut commencer. Comme précisé plus haut, l'utilisation d'une *gouttière occlusale fixe* permet une fragmentation du traitement **quadrant par quadrant**. Le choix du premier quadrant traité est fait selon la situation clinique et des critères propres à chaque patient. Des **retouches** et des **ajustements** du plan d'occlusion peuvent être réalisés sur les overlays provisoires avant leur remplacement, par **apposition** ou **fraisage**.



Figure 23 – Collage de l'onlays sur 46 et restauration directe de 44 et 45 – Chabérin E.

Dans un *case report* de 2011, seules les prémolaires et premières molaires maxillaires ont été restaurées de manière **indirecte** (composite de laboratoire) : les deuxièmes molaires maxillaires ainsi que toutes les dents postérieures mandibulaires l'ont été de manière **directe**, en raison du **peu d'espace prothétique** (62).

L'étiologie de l'érosion généralisée, sa stabilisation ou non-stabilisation, sont les critères qui moduleront la **fréquence du suivi** et les **thérapeutiques de prévention** mises en place : gouttière de protection, hygiène adaptée... (voir aussi A.2.4.6.2)

### C.3 Etat des lieux, recule clinique

En proposant cette thérapeutique de restauration globale en alternative à une réhabilitation traditionnelle composée de prothèses fixées, l'équipe des praticiens à l'origine de la *Three-Step Technique* a fait de l'Université de Genève un centre de référence dans la prise en charge des patients atteints d'érosions sévères. Le traitement a ainsi pu être testé sur un certain nombre de patients volontaire et sa pérennité à 6 ans évaluée.

#### C.3.1 Recul

**Francesca Vailati** et son équipe de l'Université de Genève ont évalué la pérennité de la *Three-Step Technique* sur une population spécifique de **20 patients jeunes** (39,4 ans d'âge moyen) souffrant d'**érosions dentaires sévères** en se focalisant sur la restauration du **secteur antérieur maxillaire** (51). *The Geneva Erosion Study* a permis l'évaluation de la viabilité et du pronostic de la **sandwich approach** sur une période de 6 ans.

Un total de **70 onlays palatins** en composite de laboratoire ainsi que **64 facettes vestibulaires** en céramique feldspathique ont été posées sur les dents antérieures maxillaires, collées avec un **composite hybride**.

Une **réévaluation semestrielle** a été effectuée en utilisant les **critères modifiés du Service de Santé Publique des Etats Unis** (*modified USPHS criteria*) (63) :

- Adaptation marginale,
- Intégrité marginale (absence d'infiltration du joint),
- Vitalité pulpaire,
- Sensibilité post-opératoire,
- Esthétique,
- Succès/échec de la restauration.

Après une période maximale de 6 ans – soit une moyenne d’observation de **50,3 mois pour les onlays palatins** et **49,6 mois pour les facettes vestibulaires** – la plupart des facettes ont été notées « *alpha* » pour l’adaptation marginale et la qualité du joint.

Les patients faisaient montre d’un **niveau d’acceptation de 94,6%** quant à la fonction et l’esthétique.

L’état de délabrement initial de l’organe dentaire compromet le pronostic d’une telle thérapeutique, nécessitant un **suivi post-opératoire important**. En effet, du fait d’une **prise de conscience tardive** de la pathologie – à l’apparition de douleurs, de sensibilités et/ou d’un retentissement esthétique sévère – les patients consultent à un **niveau d’érosion avancé**.

Pourtant, en dépit de ce facteur aggravant, **ni perte de vitalité, ni échec des restaurations** n’ont été à déplorer au terme de l’étude.

Dans le cas iconographié dans ce mémoire par le **Dr Eric Chaberlin**, la réévaluation des restaurations antérieures a montré un maintien satisfaisant du résultat, malgré un contrôle de plaque nettement perfectible :



*Figure 24 – Contrôle à 1 an – Chaberlin E.*

De **nombreuses études de cas** ont été publiées depuis par l’équipe de l’Université de Genève et d’autres cliniciens, appliquant spécifiquement la *Three-Step Technique* (62) (59)

(64) (65) ou d'autres protocoles minimalement-invasifs (66) suivant le même principe de **sé-  
quençage thérapeutique**.

En 2014, **Muts et coll.** (45) ont effectué une **revue systématique** de la littérature concernant plusieurs études cliniques et *case reports* consacrés à la prise en charge minimalement-invasives des usures dentaires généralisées. Il en ressort une sélection de **550 publications** répondant aux critères suivant :

- Articles en anglais,
- Datant de 10 ans maximum (du 01/02/2003 au 31/01/2013),
- Critères d'inclusion étendus :
  - Usure dentaire étendue,
  - Description complète de la procédure,
  - Exposition dentinaire,
  - Minimalement-invasif,
  - Pas de prothèse amovible,
  - Satisfaisant esthétiquement,
  - Espaces édentés minimaux avant traitement,
- Critères d'inclusion détaillés :
  - Simple,
  - Traitement pas-à-pas,
  - Ajustable et réparable,
  - Rentable.

Cependant, **seuls 111 résumés** étaient disponibles et **36 textes complets accessibles** (nécessaires pour étudier en détail les techniques). Certaines études ont ensuite été éliminées pour des raisons de résultat jugés inesthétiques, de traitements trop invasifs, de procédures trop peu fragmentées ou trop coûteuses. Seules **11 études réparties sur 16 publications** ont été conservées ; dont 3 de **Francesca Vailati** (20) (62).

Le but de cette revue était la mise en évidence de **critères communs** à toutes les techniques de restauration minimalement-invasives afin d'**en tirer un modèle** de prise en charge

**scientifiquement probant.** Il en ressort cependant que, malgré plusieurs techniques communément retrouvées (*wax-ups* d'études, augmentation de la DVO, ...), il persiste d'importantes divergences entre les protocoles.

On peut en déduire que la prise en charge minimalement-invasive des usures dentaires n'en est qu'à ses balbutiements et n'a pas encore abouti à un consensus.

### C.3.2 Evolutions, adaptation et intégration de nouvelles techniques

**Francesca Vailati**, comme nombre de ses confrères, continue à chercher et faire évoluer des solutions minimalement-invasives, rendues possibles par l'amélioration des matériaux et des systèmes de collages.

Des techniques récentes, décrites plus haut (voir B.3), sont intégrées et mise à contribution dans l'amélioration de ces solutions.

La *Three-Step Technique*, loin d'être rigoriste, est ainsi adaptée au profil clinique ou personnel du patient. Dans les cas où des facettes vestibulaires ne sont pas envisagées, le protocole est commué en *modified Three-Step Technique* dans lequel la première étape disparaît.

#### C.3.2.1 Intégration de la CFAO

Avec l'intégration de la CFAO, l'augmentation de DVO peut être réalisée par des restaurations postérieures d'usage au cours d'une seule séance (66).

Ainsi, en introduction d'un *case report* de **Vailati et Carciofo** (59), un patient a reçu des onlays/overlays sur ses seules prémolaires et molaires mandibulaires : les amalgames présents ont été déposés et les **cavités comblées immédiatement**. La béance antérieure transitoire créée protégeait les bords incisaux fragilisés par l'érosion de la fracture avant le collage des onlays palatins. Les facettes vestibulaires avaient été exclues pour raison économique.

Dans ce même *case report*, la patiente traitée présentait le tableau suivant :

- 32 ans,

- Antécédents résolus de **boulimies**,
- Erosion **classe II ACE**,
- Bords incisaux intacts du fait des **nombreux chevauchements** et de la **supracclusion**,
- Compensation alvéolaire incisivo-canine mandibulaire, entraînant :
  - Une **supracclusion**,
  - Un **sourire inversé**,
  - Une **courbe de Spee accentuée**.
- Faces vestibulaires globalement préservées.

Une *modified Three-Step Technique* est appliquée, comme décrite plus haut : la thérapeutique est entamée à partir de la seconde étape. Afin d'obtenir l'espace prothétique suffisant en postérieure sur les deux arcades, en antérieure au maxillaire et le nivellement de la courbe de Spee, une **augmentation importante de la DVO** était préconisée. Cependant, la **classe II squelettique** de la patiente aurait créé en l'état une perte de contact antérieur que des onlays palatins de taille raisonnable n'auraient pas permis de réhabiliter. Un **traitement orthodontique était nécessaire**, il a été refusé par la patiente.

Un *wax-up* des prémolaires et premières molaires a été réalisé avec augmentation « arbitraire » de la DVO et **nivellement de la courbe de Spee** et réétudié cliniquement. Sa validation a conduit à la **conception-fabrication assistée par ordinateur** d'overlays mandibulaires et à leur **pose immédiate** : l'épaisseur étant suffisante et les dents dépourvues de caries.

Les dents postérieures maxillaires ont été restaurées provisoirement comme dans la *Three-Step Technique* classique, ce qui permet :

- Un coût immédiat moindre pour le patient (6 overlays *versus* 12),
- Un temps au fauteuil moindre (*idem*),
- Un ajustement possible sur les dents maxillaires.

Le bénéfice d'une telle technologie est, dans la *Three-Step Technique* :

- Une simulation et une planification améliorées,
- Une diminution du nombre de séances,

- Une adaptation à la situation clinique et économique.

### C.3.2.2 Intégration de la technique des masques

Comme évoqué plus haut (voir C.2.3.2.2), la technique des masques de **Gürel** (voir B.3.1) peut parfaitement être employée à simplifier la préparation des faces vestibulaires. Elle y permet l'élimination des deux clés réduction – du moins les limite-t-elle à une seule pour le contrôle final. Le second *wax-up* antérieur – et la clé silicone transparente qui en est tirée – lui **fournit les masques** nécessaires à sa mise en œuvre.

Elle est en accord complet avec la stratégie d'économie tissulaire puisqu'elle limite la préparation au strict minimum. Des équipes de praticiens comme **Koubi et coll.** (67) l'appliquent déjà à la *Three-Step Technique*, évaluant son intégrabilité à la pratique quotidienne libérale.

## C.4 Avantages/inconvénients par rapport aux techniques traditionnelles

### C.4.1 Echecs potentiels liés à la prise en charge traditionnelle

#### C.4.1.1 Biologique

La préparation coronaire en vue de la pose d'une couronne nécessite bien souvent une **dévitalisation**, qui constitue d'une certaine manière une **perte de chance**.

De plus, le **jeune âge des patients** affectés par ces pathologies implique également que les risques liés à la dévitalisation doivent être considérés sur un plus **long terme**.

#### C.4.1.2 Mécanique

Du fait de l'augmentation de la perte de volume dentaire nécessitée par la préparation coronaire et de la mise en place d'un **ancrage radiculaire** pour le renfort du moignon, la racine se trouve fragilisée, accroissant le risque de fracture.

Les systèmes prothétiques non biomimétiques présentent une rigidité importante qui ne permet pas une dissipation des forces qui sont de fait plus massivement transmises à la

dent. Sa capacité à répondre à un choc est diminuée, la zone de fracture peut être déportée loin de celle de l'impact.

#### C.4.1.3 Esthétique

La récession gingivale qui peut suivre à long terme la pose d'une infrastructure de ce type – ou à plus court terme dans le cas d'une couronne parodontalement traumatique – met à découvert la portion cervicale de la racine dyschromique.

### C.4.2 Risques liés à la prise en charge par *Three-Step Technique*

#### C.4.2.1 Rapport surface de collage/étendu des restaurations

Ce point a été abordé un peu plus haut, les auteurs sont conscients du **risque d'échec du collage**, justifiant une **rigueur extrême** lors de sa réalisation.

Quid du volume de la restauration par rapport au volume dentaire résiduel ? Pour l'heure, le recul de 6 ans que peuvent faire valoir les auteurs concernant l'approche sandwich semble leur donner raison quant à la fiabilité mécanique et la pérennité de telles restaurations.

#### C.4.2.2 Infiltration bactérienne

Au contraire de la plupart des ciments de scellement, les adhésifs et les colles sont **dépourvus de propriétés bactériostatiques**. Une **évaluation préalable** du contrôle de plaque et un **suivi régulier** sont davantage indiqués pour les restaurations collées pour prévenir tout risque d'infiltration, pouvant provoquer **caries et perte d'adhésion**.

#### C.4.2.3 Nécrose pulpaire

La restauration prothétique fixée de dents vivantes pose toujours la question du risque de **nécrose, secondaire ou spontanée**, et leur gestion en cas de survenue.

**Vailati et Belser** ont anticipé ce risque en optant pour de la **résine composite** de laboratoire pour la restauration occlusale des dents postérieures et palatine des dents antérieures. Une ré-intervention est de ce fait rendue possible : la cavité d'accès pour la réalisation du



traitement endodontique est percée à travers la résine, sans nécessiter la dépose complète des restaurations – ni *a priori*, ni *a posteriori*.

Qui plus est, le risque de nécrose secondaire est rendu très faible du fait de l'absence de préparation, donc d'**agression pulpaire**.

## Conclusion

Face à une demande esthétique croissante, dans un contexte où l'obligation de résultats s'impose aux côtés de l'obligation de moyens dans notre pratique, nous nous devons de proposer des solutions prothétiques et conservatrices innovantes et durables à nos patients. Ce, d'autant plus chez les plus jeunes, chez qui nos projets thérapeutiques doivent être pensés en termes d'économie tissulaire et sur une plus longue durée.

A travers ce mémoire, nous avons vu que des solutions alternatives – peu mutilantes, respectant les principes biomimétiques en exploitant les performances en perpétuelle amélioration des matériaux de restauration et systèmes de collage – sont possibles. S'intéressant plus spécifiquement au problème croissant de l'érosion chez les jeunes patients et à sa prise en charge, la *Three-Step Technique* de **Vailati et Belser** est l'une de ces solutions.

Souffrant pour le moment de peu de recul clinique, la *Three-Step Technique* a tout de même su montrer un pronostic à long terme encourageant pour l'une de ses techniques centrales : l'approche sandwich – ou bilaminaire. Mais seule son intégration à davantage d'études clinique, de préférence à haut niveau de preuve, lui permettra de s'imposer – avec les autres thérapeutiques minimalement-invasives – face à des techniques traditionnelles bien maîtrisées mais plus mutilantes.

La confiance des praticiens en les thérapeutiques minimalement-invasives, la preuve de leurs performances et de leur durabilité, se feront également par leur introduction progressive dans la pratique quotidienne et à terme, on peut le supposer, dans la formation initiale des chirurgiens-dentistes. Le séquençage de la *Three-Step Technique*, en rendant la restauration généralisée plus aisée donc plus accessible, vise justement à la mettre à portée du plus grand nombre.

L'avenir de ces thérapeutiques, notamment la *Three-Step Technique*, est encore à écrire tant elles sont récentes ; les moyens techniques nous permettant de les mettre en place ne sont pas prêts de cesser de s'améliorer, laissant augurer leur généralisation et l'émergence d'autres approches.

## Bibliographie

1. Goldberg M. Embryologie de la dent. Encycl Méd Chir (Paris), Médecine Buccale, 28-085-U-50, 2011.
2. Goldberg M. Histologie de l'émail. Encycl Méd Chir (Paris), Médecine Buccale, 28-110-M-10, 2008.
3. Goldberg M. Histologie du complexe dentinopulpaire. Encycl Méd Chir (Paris), Médecine Buccale, 22-115-B-10, 2008.
4. Orthlieb JD, Darmouni L, Pedinielli A, Jouvi Darmouni J. Fonctions occlusales : aspects physiologiques de l'occlusion dentaire humaine. Encycl Méd Chir (Paris), Médecine Buccale, 28-160-B-10, 2013.
5. Prime JM. Dental Physiologie. J Am Dent Assoc 1929; 16(10): 1850-1865.
6. Magné P, Belser U. Restaurations adhésives en céramique sur dents antérieures - Approche biomimétique. Paris: Quintessence International, 2003.
7. Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. J Dent 2004; 32(s1): 3-12.
8. Zunzarren R. L'érosion dentaire, un processus fréquent chez le sportif. Actual Pharm 2012; 51(520): 41-42.
9. Smith BG, Knight JK. An index for measuring the wear of teeth. Br Dent J 1984; 156(12): 435-438.
10. Bartlett D, Ganss C, Lussi A. Basic Erosive Wear Examination (BEWE): a new scoring system for scientific and clinical needs. Clini Oral Invest 2008; 12(s1): 65-68.

11. Vailati F, Belser U. Classification and treatment of the anterior maxillary dentition affected by dental erosion: the ACE classification. *Int J Periodont Rest Dent* 2010; 30(6): 559-572.
12. Lussi A, Jaeggi T. L'érosion dentaire - Diagnostic, évaluation du risque, prévention, traitement. Paris: Quintessence International, 2012.
13. Vakil N. Disease definition, clinical manifestations, epidemiology and natural history of GERD. *Best Pract Res Clin Gastroenterol* 2010; 24(6): 759-764.
14. American Psychiatric Association. DSM-5® - Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux. 5th ed. Paris: Elsevier Masson, 2015.
15. Edward M, Ashwood RA, Littlewood SJ, Brocklebank LM, Fung DE. A videofluoroscopic comparison of straw and cup drinking: the potential influence on dental erosion. *Br Dent J* 1998; 185(5): 244-249.
16. Barron R,P, Carmichael R,P, Marcon M,A, Sàndor G,KB. Dental erosion in gastroesophageal reflux disease. *J Assoc Dent Can* 2003; 69(2): 84-89.
17. Koubi SA, Tassery H, Bukiet F. Lésions cervicales. Des problématiques cliniques au traitement. *Encycl Méd Chir (Paris), Médecine Buccale*, 28-735-V-10, 2008.
18. D'Incau E, Couture C, Beauval C, Maureille B. Usure dentaire : les leçons du passé. *Rev Odontostomatol* 2014; 41(1): 16-35.
19. Grippo JO. Noncarious cervical lesions: the decision to ignore or restore. *J Esthet Dent* 1992; 4(s1): 55-64.

20. Vailati F, Belser U. Full-mouth adhesive rehabilitation of a severely eroded dentition - the Three-Step Technique, part 1. *Eur J Esthet Dent* 2008; 3(1): 30-44.
21. Oguro R, Nakajima M, Seki N, Sadr A, Tagami J, Sumi Y. The role of enamel thickness and refractive index on human tooth colour. *J Dent* 2016; 51: 36-44.
22. Luque-Martinez I, Muños MA, Mena-Serrano A, Hass V, Reis A, Loguercio AD. Effect of EDTA conditioning on cervical restorations bonded with a self-etch adhesive: A randomized double-blind clinical trial. *J Dent* 2015; 43(9): 1175-1183.
23. Oudin Gendrel A, Allard Y, Lehmann N, Sangare A. Collage en odontologie. *Encycl Méd Chir (Paris), Médecine Buccale*, 28-220-P-10, 2015.
24. Hu J, Zhu Q. Effect of immediate dentin sealing on preventive treatment for postcementation hypersensitivity. *J Prosthet Dent* 2011; 105(1): 1-27.
25. Qanungo A, Aras MA, Chitre V, Mysore A, Amin B, Daswani AR. Immediate dentin sealing for indirect bonded restorations. *J Prosthodont Res* 2016; 60(4): 240-249.
26. Magné P, Nielsen B. Interactions between impression materials and immediate dentin sealing. *J Prosthet Dent* 2009; 102(5): 298-305.
27. Degrange M. Le point sur les adhésifs. *Clin* 1999; 20(8): 523-533.
28. Freedman G, Leinfelder K. La septième génération des systèmes adhésifs dentaires. *Inf Dent* 2003; 85(28): 1971-1976.
29. Degrange M. Les adhésifs amélo-dentinaires. *Réal Clini* 2005; 16: 3-22.

30. Wagner A, Wendler M, Petschelt A, Belli R, Lohbauer U. Bonding performance of universal adhesives in different etching modes. *J Dent* 2014; 42(7): 800-807.
31. Masarwa N, Abou-Rabii Y, Abu Zaghlan R. Longevity of self-etch dentin bonding adhesives compared to etch-and-rinse dentin bonding adhesives: a systematic review. *J Evid Based Dent Pract* 2016; 16(2): 96-106.
32. Heintze SD, Rousson V, Mahn E. Bond strength tests of dental adhesive systems and their correlation with clinical results – A meta-analysis. *Dent Mater* 2015; 31(4): 423-434.
33. Van Dijken JWV, Pallesen U. Posterior bulk-filled resin composite restorations: A 5-year randomized controlled clinical study. *J Dent* 2016; 51: 29-35.
34. Al-Khayatt A,S, Ray-Chaudhuri A, Poyser N,J, Briggs P,F, Porter R,W, Kelleher M,G, et al. Direct composite restorations for the worn mandibular anterior dentition: a 7-year follow-up of a prospective randomised controlled split-mouth clinical trial. *J Oral Rehabil* 2013; 40(5): 389-401.
35. Niem T, Schmidt A, Wöstmann B. Bonding resin thixotropy and viscosity influence on dentine bond strength. *J Dent* 2016; 51: 21-28.
36. Abuna G, Faitosa VP, Bortolazzo Correr A, Cama G, Giannini M, Sinhoreti MA, et al. Bonding performance of experimental bioactive/biomimetic self-etch adhesives doped with calcium-phosphate fillers and biomimetic analogs of phosphoproteins. *J Dent* 2006; 52(1): 79-86.
37. Page HL. The occlusal curve. *Dent Digest* 1952; 58: 19-21.
38. Monson GS. Occlusion as applied to crown and bidge work. *J Natl Dent Assoc* 1920; 7(5): 399-413.

39. Ackermann F. Dentures et dentiers complets. Paris: Masson, 1930.
40. McNamara DC, Henry PJ. Terminal hinge contact in dentition. J Prosthet Dent 1974; 32(4): 405-411.
41. Unger F. L'occlusion statique. Cah Prothèse 1988; 12: 69-74.
42. Angles E. Classification of malocclusion. Dent Cosmos 1899; 41: 248-264, 350-357.
43. Orthlieb JD, Ehrmann E. Déterminants du choix de la DVO thérapeutique. Réal Clin 2013; 24(2): 133-138.
44. Turrell A, JW. Clinical assessment of vertical dimension. J Prosthet Dent 2006; 96(2): 79–83.
45. Muts EJ, van Pelt H, Edelhoff D, Krejci I, Cune M. Tooth wear: A systematic review of treatment options. J Prosthet Dent 2014; 112(4): 752-759.
46. Sarikaya M. An introduction to biomimetics : a structural viewpoint. Microscopy Research and Technique 1994; 27(5): 360-375.
47. Francis LF, Vaidya KJ, Huang HY, Wolf WD. Design and processing of ceramic-based analogs to the dental crown. Mater Sci Eng 1995; 3(2): 62-74.
48. Stokes A,N, Hood J,A. Impact fracture characteristics of intact and crowned human central incisors. J Oral Rehabil 1993; 20(1): 89-95.
49. Salis S,G, Hood J,AA, Kirk E,EJ, Stokes A,NS. Impact-fracture energy of human premolar teeth. J Prosthet Dent 1987; 58(1): 43-48.

50. Zelic K, Milovanovic P, Rakocevic Z, Askrabic S, Potocnic J, Popovic M, et al. Nano-structural and compositional basis of devitalized tooth fragility. *Dent Mater* 2014; 30(5): 476-486.
  
51. Vailati F, Gruetter L, Belser U. Adhesively restored anterior maxillary dentitions affected by severe erosion : up to 6-year result of a prospective clinical study. *Eur J Esthet Dent* 2015; 8(4): 506-530.
  
52. Tirlet G, Attal JP. Le gradient thérapeutique : un concept médical pour les traitements esthétiques. *Inf Dent* 2009; 91(41-42): 2561-2568.
  
53. Fradeani M. Esthetic rehabilitation in fixed prosthodontics: Esthetic analysis: A systematic approach to prosthetic treatment. Chicago: Quintessence, 2004.
  
54. Gürel G. Predictable, precise, and repeatable tooth preparation for porcelain laminate veneers. *Pract Proced Aesthet Dent* 2003; 15(1): 17-24.
  
55. Magne P, Magne M, Belser U,C. Adhesive restorations, centric relation, and the Dahl principle: minimally invasive approaches to localized anterior tooth erosion. *Eur J Esthet Dent* 2007; 2(3): 260-273.
  
56. Vailati F, Belser U. Full-mouth adhesive rehabilitation of a severely eroded dentition - the Three-Step Technique, part 2. *Eur J Esthet Dent* 2008; 3(2): 128-146.
  
57. Vailati F, Belser U. Full-mouth adhesive rehabilitation of a severely eroded dentition - the Three-Step Technique, part 3. *Eur J Esthet Dent* 2008; 3(3): 236-257.
  
58. Duret F, Pélissier B. Différentes méthodes d’empreinte en CFAO dentaire. *Encycl Méd Chir (Paris), Médecine Buccale*, 28-740-R-10, 2010.



59. Vailati F, Carciofo S. CAD/CAM monolithic restorations and full-mouth adhesive rehabilitation to restore a patient with a past history of bulimia: the modified Three-Step Technique. *Int J Esthet Dent* 2016; 11(1): 2-22.
60. Lasfargues JJ, Louis JJ, Kaleka R. Classification des lésions carieuses. De Black au concept actuel par sites et stades. *Encycl Méd Chir (Paris), Odontologie*, 23-069-A-10, 2006.
61. Magné P, Belser U. Novel porcelain laminate preparation approach driven by a diagnostic mock-up. *J Esthet Rest Dent* 2004; 16(1): 7-16.
62. Vailati F, Belser U. Palatal and facial veneers to treat dental erosion: a case report following the Three-Step Technique and the Sandwich Approach. *Eur J Esthet Dent* 2011; 6(3): 268-278.
63. Ryge G. Clinical criteria. *Int Dent J* 1980; 30(4): 347-358.
64. Gerdolle D, Mortier E, Richard A, Vailati F. Full-mouth adhesive rehabilitation in a case of amelogenesis imperfecta: a 5-years follow-up case report. *Int J Esthet Dent* 2013; 10(1): 2-21.
65. Grütter L, Vailati F. Full-mouth adhesive rehabilitation in case of severe dental erosion, a minimally invasive approach following the 3-step technique. *Eur J Esthet Dent* 2013; 8(3): 2-19.
66. Schlichting L,H, Resende T,H, Reis K,R, Magné P. Simplified treatment of severe dental erosion with ultrathin CAD-CAM composite occlusal veneers and anterior bilaminar veneers. *J Prosthet Dent* 2016; 116(4): 474–482.

67. Koubi S, Gürel G, Margossian P, Massihi R, Tassery H. Préparations postérieures a minima guidées par la technique des masques, en présence d'usure dentaire. Rev Ondontostomatol 2014; 41(1): 1-19.
68. Gürel G. De la théorie à la pratique - Les facettes en céramique. Paris: Quintessence International, 2005.
69. Paris JC, Faucher AJ. Le guide esthétique - Comment réussir le sourire de vos patients. Paris: Quintessence International, 2003.
70. Poujade JM, Zerbib C, Serre D. Céramiques dentaires. Encycl Méd Chir (Paris), Médecine Buccale, 28-215-M-10, 2008.
71. Lussi A, Megert B, Shellis RP, Wang X. Analysis of the erosive effect of different dietary substances and medications. Br J Nutr 2012; 107(2): 252-262.
72. Dodds M, Laborde G, Devictor A, Maillé G, Sette A, Margossian P. Les références esthétiques : la pertinence du diagnostic au traitement. Stratégie Prothétique 2014; 14(3): 1-8.

**BERLAND (Benjamin).** – La Three-Step Technique : apport d’une technique de restauration par matériaux collés dans la réhabilitation des érosions dentaires généralisées. – 114 f. ; 72 réf. ; 30 cm (Thèse : Chir. Dent. ; Nantes ; 2016)

## RESUME

L’érosion dentaire touche de plus en plus de patients, notamment les plus jeunes. Les enjeux esthétiques et la préservation de l’intégrité tissulaire sont devenus une priorité dans leur prise en charge.

Les progrès réalisés ces dernières années dans le domaine des matériaux et les systèmes de collage dentaires ont permis d’envisager de nouvelles formes de thérapeutiques pour ce type de lésions. Une réhabilitation globale étant délicate à mettre en œuvre, une organisation minutieuse est indispensable à sa réalisation.

La *Three-Step Technique* entend répondre à ces problématiques en proposant une restauration minimalement-invasive étendue par matériaux collés, séquencée de façon à la rendre accessible aux praticiens dans une pratique quotidienne.

**RUBRIQUE DE CLASSEMENT :** Odontologie restauratrice

## MOTS CLES MeSH

Traitement restaurateur atraumatique dentaire – Dental atraumatic restorative treatment

Mimétisme biologique – Biological mimicry

Usure dentaire – Tooth wear

Collage dentaire – dental bonding

Facettes dentaires – Dental veneers

## JURY

Président : Professeur Amouriq Y.

Directeur : Docteur Bodic F.

Assesseur : Docteur Jordana F.

Assesseur : Docteur Aubeux D.

Invité : Docteur Chaberlin E.

## ADRESSE DE L’AUTEUR

60, rue Jean Fraix – 44400 Rezé

[benjamin.berland@live.fr](mailto:benjamin.berland@live.fr)