

# République algérienne démocratique et populaire

Ministère de l'enseignement et la recherche scientifique

Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

CHU de Tizi-Ouzou

Département de médecine dentaire



Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme Docteur en Médecine Dentaire

---

## Le collage des brackets orthodontiques : techniques et matériels

---

Encadrée par :

- **Dr MISSARA. B (maitre-assistant en orthopédie dento-faciale)**

Présenté par :

- **BOUSALAH Amina**
- **LAMOURI Fatima Zohra**
- **MECHICHE Houda**
- **MOUHAMOU Imene**
- **SERIDJ Nour El Houda**
- **TELLACHI Chahinez**

Devant le jury composé de :

<b>Pr KACI. N</b>	MCA et Chef de service en Orthopédie Dento-Faciale	Président de jury
<b>Dr MESSAADI. KH</b>	Maitre-assistante en Odontologie conservatrice et endodontie	Examinatrice
<b>Dr BOUAFIA. O</b>	Assistant en Orthopédie Dento-Faciale	Examineur

## Remerciements

Nous débutons en exprimant notre gratitude à Allah, pour nous avoir accordé la force, la persévérance et la guidance nécessaires tout au long de ce périple académique. Sa grâce infinie a été notre source d'inspiration et de soutien, nous guidant à travers les défis rencontrés lors de la réalisation de ce mémoire.

Nous tenons à exprimer nos remerciements les plus sincères à notre encadrant **Dr MISSARA**. Nous avons eu le grand plaisir de travailler sous votre encadrement, on a eu le privilège de profiter de vos vastes connaissances et riche expérience. Nous vous remercions pour la gentillesse et la spontanéité avec lesquelles vous avez bien voulu diriger ce travail, la pertinence de vos remarques et la justesse de vos corrections sont pour nous un exemple de rigueur. Veuillez, cher Maître, trouvé dans ce modeste travail l'expression de notre haute considération, de notre sincère reconnaissance et de notre profond respect.

Nos remerciements s'adressent également à toute l'équipe du service d'ODF de la clinique dentaire de Tizi-Ouzou à leur tête le chef de service **Pr. KACI** à qui nous exprimons également notre profonde gratitude, pour avoir accepté d'assumer le rôle de premier juré lors de l'évaluation de ce mémoire.

A **Dr MESSAADI**, maître assistante en odontologie conservatrice, Vous nous faites l'immense plaisir de siéger au sein de notre jury. Nous vous remercions de tous vos bons conseils donnés lors de nos stages cliniques. Puissiez-vous trouver dans ce travail, le témoignage de notre reconnaissance et l'assurance de nos sentiments respectueux.

A **Dr BOUAFIA**, nous sommes très honorées que vous avez siéger à ce jury, et très fiers de soumettre ce travail à votre jugement compétent.

Nous tenons aussi à remercier **Dr MECHICHE YoucefCharif** pour le temps qu'il nous a consacré à nous apporter les outils méthodologiques indispensables à la conduite de cette recherche, Nous sommes extrêmement reconnaissantes pour tout ce que vous avez fait pour nous. Que votre vie soit remplie de bénédictions et de succès, Merci du fond du cœur.

Nos chers parents, aucune dédicace ne saurait exprimer notre respect, notre amour éternel et notre considération pour les sacrifices que vous avez consentis pour notre instruction et notre réussite. Puisse dieu tout-puissant, vous protéger du mal, vous procurer longue vie, santé et bonheur afin qu'on puisse vous rendre un minimum de ce qu'on vous doit.

Enfin, à nos chères amies, votre soutien et vos sourires ont été notre lumière dans l'obscurité académique. Merci pour votre amitié inestimable.

*Dédicace :*

AU NOM D'ALLAH LE TOUT  
PUISSANT

*Je dédie ce mémoire :*

*A mon cher père Abdenour :*

Merci pour tout ce que tu as fait et continues de faire pour moi. Ton amour, ton soutien sont des trésors inestimables. Chaque jour je suis reconnaissante de t'avoir comme père.

*A ma chère mère Assia :*

Pour ton amour inconditionnel, ta patience infinie et ton soutien tout au long de mes études. Tu as toujours été là pour me guider, m'encourager et m'inspirer. Sans toi, ce parcours aurait été bien plus difficile.

*A mes sœurs Lamia, Rania et mon petit frère*

*Achraf :*

Vous êtes les piliers de ma vie, les amis les plus fidèles et les compagnons de chaque moment de joie et de défi. Votre amour et vos sourires illuminent mes journées. Merci d'être toujours là. Je suis infiniment reconnaissante de vous avoir à mes côtés.

*A tous les membres de ma famille, petits et grands.*

*A ma meilleure amie Manel :*

Merci pour ton écoute, tes conseils et les rires partagés dans chaque moment bon ou mauvais. Tu es plus qu'une amie, tu es une sœur de cœur.

*A mes amis Girls : Roumaïssa, Lamia et*

*Amina :*

Merci pour votre présence constante, vos conseils, et votre bienveillance.

Vous êtes ma source de force et de bonheur.

*A ma chère et ma douce amie Amina :*

Ensemble, nous avons relevé des défis, partagé des succès et créé de souvenirs inoubliables. Merci d'avoir été là dans les moments de doute et de joie, pour les longues nuits de révision.

*A mes amis du groupe de mémoire :*

*Amina, Fatima, Chahinez, Nourelhouda,  
Houda :*

Merci pour votre soutien et notre collaboration précieuse. Vous êtes les meilleures.

*A ma copine de chambre Ahlem.*

*A mes amis de cercle d'étude et ma chère amie*

*Ahlam :*

Merci pour votre amitié, votre soutien et les souvenirs inoubliables.

*A tous les dentistes qui m'ont aidé, et à tous ceux qui  
m'ont accueilli dans leur cabinet :*

Merci pour votre aide précieuse et votre soutien constant. Je suis profondément reconnaissante.

♥ Imene ♥

**Avec beaucoup d'amour, de joie et de gratitude, je dédie ce travail :**

**À ma source de vie, d'amour et d'affection, mes chers parents, pour leur soutien, leurs sacrifices et leur encouragement tout au long de mes études. Que Dieu les garde toujours en bonne santé, comblés de bonheur et leur accorde une longue vie.**

**À ma chère sœur Ilhem, ton soutien depuis le début de mes études a été inestimable. Ta guidance, ta sagesse et ton amour ont été mes piliers. Merci pour tout ce que tu as fait pour moi. Je te souhaite tout le bonheur et la réussite.**

**À mon petit frère Mohyiedinne, ton soutien est précieux. Je te souhaite un succès éclatant dans tout ce que tu entreprends.**

**À mon ange Adam, ma source de joie, qui a fait de moi la plus chanceuse tante du monde.**

**À ma meilleure amie Imene, tu auras toujours une place dans mon cœur.**

**À mon amie d'enfance Ahlem, ta présence a toujours été un réconfort.**

**À la meilleure copine de chambre, que je pourrais demander, Nour El Houda, j'apprécie ta présence.**

**À toutes mes amies, merci d'être une partie de ma vie.**

**Enfin, un merci tout spécial à ceux qui éclairent chaque jour ma vie de leur présence et de leur soutien précieux.**

*Aminá*

Je dédie ce travail à : ma famille ... ma force

\*Mon père : **Djelloul**

\*Ma mère : **Mouna**

\*Ma sœur et mes frères : **-khadidja**

– **AbdEssamed**

– **AbdErrahmane**

– **Lokmane**

\*Mon grand-père **AHMED** .la personne qui serait la plus fière de moi s'il me voyait ici (que DIEU l'accueille dans son vaste paradis)

**Fatima Zohra**

## **Dédicace**

**Je dédie ce travail à la mémoire de mon cher père, qui m'a inspirée par sa sagesse, son amour et son dévouement, même en son absence, il continue de guider mes pas.**

**À ma famille et à mes proches, pour leur soutien inconditionnel et leur patience tout au long de ce parcours.**

**À mes amis et à ceux qui ont cru en moi, pour leur encouragement constant et leur présence à mes côtés dans les moments de doute et d'espoir.**

**Enfin, à toutes les âmes bienveillantes qui, par leur amour, leur lumière et leur foi, m'ont donné la force d'aller toujours plus loin.**

**Merci de tout cœur.**

**Houda Mech.**

# *Dédicace*

A mes très chers parents, Qui ont été les architectes de ma réussite et de mon bonheur, en étant les modèles qui ont veillé à m'enseigner depuis mon plus jeune âge. Vos enseignements, soutiens, conseils et bénédictions ont été constants durant mes aventures, que dieu vous protège et vous garde en bonne santé (Amen).

Je dédie mon travail à mes précieuses perles, MALAK et INES, l'une représente ma force et l'autre c'est ma douceur, qui ont été toujours à mes cotes pour me renforcer et rajouter de la joie à ma vie, que dieu vous bénisse et vous garde avec moi jusqu'à la fin des temps (Amen).

Je me remercie également, d'être forte, patiente, combattante, et surtout ambitieuse. Avant cela je remercie infiniment DIEU de m'avoir accordé ce succès et cette réussite dans ma carrière personnelle et académique, et d'avoir rendu ma famille fière de moi.

Finalement, je dédie ce travail aux : tous les enseignants, médecins dentistes, la famille et les amis qui ont été passés par ce chemin, MERCI.

**TELLACHI CHAHINEZ**

Avec tous mes sentiments de respect. Avec l'expérience de ma reconnaissance ; je dédie ma remise de diplôme et ma joie

À mon paradis à la prunelle de mes yeux à la source de ma vie et mon bonheur ma lune et le fil d'espoir qui allumer mon chemin ma moitié

**Maman**

À celui qui m'a fait une femme, ma source de vie d'amour et d'affection à mon support qui était toujours à mes côtés pour me soutenir et m'encourager, à mon prince **papa**

**À mes merveilleux frères, Salah, Yacine et Aissa**

Chacun de vos sourires a allumé mon chemin, Merci d'avoir été mes anges gardiens, cette réussite est aussi là votre

**A mes sœurs, Meriemet Amina**

Votre soutien indéfectible, votre amour et votre encouragement ont été les piliers de ma réussite

**À mes petits anges Louai, iline, hamza et maria**

**À ma plus chère amie Fatima**, qui a été ma confidente et mon pilier dans les moments difficiles merci d'être toujours là pour moi

**À ma chérie Amina**, chaque moment passé avec toi est un trésor je te souhaite une jolie vie

**Au Dr OUENDI hocine**, Merci pour votre aide, vous m'avez offert une opportunité inestimable d'apprendre et me développer professionnellement, merci pour votre générosité

**SERIDJ nour el houda**

# TABLES DES MATIÈRES

<b>Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>Partie théorique .....</b>	<b>2</b>
<b>Chapitre I : Historique.....</b>	<b>3</b>
1. Système de Pierre Fauchard.....	4
2. Système d'angle.....	5
3. Système d'Edgwise .....	7
4. Arc Droit (Stright wire) .....	8
<b>Chapitre II : Les biomatériaux.....</b>	<b>9</b>
1. Définitions [9] .....	10
1.1. Biomatériaux .....	10
1.2. Biocompatibilité .....	10
1.3. Biodégradation .....	10
2. Les biomatériaux de collage .....	10
2.1. Les résines de collage .....	10
2.1.1. Les Adhésifs dentaires .....	10
2.1.1.1. Rappel sur les systèmes adhésifs .....	11
2.1.1.2. Classifications des systèmes adhésifs .....	11
2.1.2. Les colles en orthodontie .....	15
2.1.2.1. Propriétés liées à l'application en Orthodontie .....	15
2.1.2.2. Les différentes colles en orthodontie .....	15
2.2. Les ciments de scellement [19] .....	19
2.2.1. Les ciments au phosphate de zinc.....	20
2.2.2. Les ciments polycarboxylates.....	20
2.2.3. Les ciments verre-ionomères .....	21
2.3. Les matériaux hybrides.....	21
3. Biomatériaux des brackets .....	22
3.1. Types de brackets selon le type de fixation .....	23
3.2. Types de brackets selon le matériau .....	23
3.2.1. Les brackets métalliques.....	23
3.2.1.1. Avantages des brackets métalliques .....	24
3.2.2. Les brackets en céramique.....	24
3.2.2.1. Avantages des brackets céramiques.....	25

3.2.3.	Les brackets en composite .....	25
3.2.3.1.	Avantages des brackets en composite.....	25
3.2.4.	Les brackets en saphir .....	26
3.2.4.1.	Avantages des brackets en saphir .....	26
3.3.	Recommandations Dentaltix [25].....	26
<b>Chapitre III :</b>	<b>Les techniques de collage .....</b>	<b>29</b>
1.	Notions fondamentales .....	30
1.1.	Principe de collage.....	30
1.2.	Mécanismes de l'adhésion .....	30
1.3.	Notions d'interface .....	30
1.4.	Le biofilm salivaire .....	31
2.	Le collage sur substrat naturel .....	32
2.1.	Sur l'émail.....	32
2.1.1.	Composition.....	32
2.1.2.	L'adhésion à l'émail .....	32
2.1.3.	Préparation de la surface amélaire .....	32
2.1.3.1.	Nettoyage initial de la surface amélaire.....	32
2.1.3.2.	Mordançage a l'acide [33, 34] .....	32
2.1.3.3.	Sablage amélaire (L'air abrasion).....	34
2.1.3.4.	Préparation de la surface amélaire au laser.....	34
2.2.	Particularités.....	35
2.2.1.	Le collage sur une dent incluse.....	35
2.2.2.	Le collage sur une dent atteinte de fluorose .....	35
2.2.3.	Le collage sur les leucomes dentaires .....	36
3.	Le collage sur substrat non naturel .....	36
3.1.	Sur résine composite [37].....	36
3.1.1.	Préparation de surface.....	37
3.2.	Sur céramique.....	39
3.3.	Sur acier ou alliage non précieux.....	41
3.4.	Sur amalgame .....	42
3.4.1.	Préparation de surfaces .....	42
4.	Le collage direct.....	43
4.1.	Matériels et matériaux nécessaires.....	43
4.1.1.	Outils de préparation.....	43

4.1.2.	Outils du positionnement .....	44
4.1.3.	Outils du collage .....	45
4.1.4.	Accessoires .....	45
4.2.	Protocole opératoire .....	47
4.3.	Technique de collage direct et emplacement des brackets .....	48
4.4.	Avantages et inconvénients de collage direct .....	49
5.	Le collage indirect .....	49
5.1.	Définition .....	49
5.2.	Matériels nécessaires .....	49
5.2.1.	Matériel de prise d’empreinte .....	49
5.2.2.	Matériel de coulée .....	50
5.2.3.	Matériel de Positionnement manuel [52] .....	50
5.2.4.	Moyens de collage .....	50
5.2.4.1.	Les colles hydrosolubles .....	50
5.2.4.2.	Les colles non solubles biocompatibles .....	51
5.2.4.3.	APC bracket .....	51
5.2.5.	Gouttière de transfert .....	51
5.3.	Protocoles opératoires [63] .....	52
5.4.	Avantages et inconvénients du collage indirect [66, 67, 68] .....	56
5.4.1.	Les avantages .....	56
5.4.2.	Les inconvénients .....	56
6.	Apport de l’informatique sur les techniques de collage [69, 70, 71] .....	57
6.1.	Avantages et inconvénients .....	57
6.1.1.	Avantages de l’outil informatique en orthodontie .....	57
6.1.2.	Inconvénients de l’outil informatique en orthodontie .....	58
6.2.	La photographie numérique .....	58
6.3.	La radiographie numérique .....	59
6.4.	Les empreintes numériques .....	60
6.5.	Apport du numérique dans le collage direct des attaches orthodontiques .....	61
6.5.1.	Guide de collage généré par ordinateur .....	61
6.5.2.	Collage direct assisté par ordinateur .....	61
6.6.	Collage indirect numérique .....	62
6.6.1.	Différentes techniques de collage indirect numérique « <i>in-office</i> » ....	62
6.6.1.1.	Méthode 1 : Positionnement des attaches sur un modèle numérique	

6.6.1.2. Méthode 2 : Positionnement numérique des attaches et impression du maître-modèle.....	63
6.6.1.3. Méthode 3 : Positionnement numérique des attaches et impression des gouttières de transfert.....	64
6.6.2. Apport du numérique dans le collage indirect.....	65
6.6.2.1. Les mêmes avantages du collage indirect conventionnel.....	65
6.6.2.2. Utilisation de l'imagerie 3D pour le parallélisme des racines.....	65
6.6.2.3. Positionnement numérique des attaches : personnalisation, set-up et reproductibilité.....	67
6.6.2.4. Personnalisation de la forme d'arcade.....	69
6.6.2.5. Guides de transfert des attaches.....	70
6.6.2.6. Avantage dans le choix du système de collage.....	72
6.6.2.7. Réduction du temps au fauteuil et de la durée du traitement.....	72
6.6.2.8. Limites du collage indirect numérique.....	73
7. Le collage selon la position des brackets.....	74
7.1. Système d'Angle.....	74
7.1.1. La technique Edgwise.....	75
7.1.2. Les éléments de l'appareillage EDGEWISE standard [4, 73].....	75
7.1.3. Les trois principes spécifiques de l'Edgwise [4].....	76
7.1.4. Le pliage des arcs en Edgwise.....	76
7.1.4.1. Courbures du 1er ordre.....	76
7.1.4.2. Courbures de deuxième ordre.....	77
7.1.4.3. Courbures de troisième ordre.....	78
7.1.5. Le positionnement des brackets [74].....	78
7.2. Selon Andrews.....	78
7.2.1. Concepts d'Andrews [76, 77].....	79
7.2.2. Choix de l'appareil [77].....	81
7.2.3. Positionnement des brackets [77].....	81
7.2.4. Avantages du système.....	82
7.2.5. Inconvénients du système original d'Andrews.....	83
7.3. Selon Roth.....	84
7.4. La technique linguale.....	85
7.4.1. Les approches de l'orthodontie linguale fixe.....	86
7.4.1.1. Les systèmes pré-usinés.....	86

7.4.1.2. Les systèmes individualisés [83] .....	89
7.4.2. Collage indirect par technique linguale au laboratoire .....	89
7.4.2.1. Techniques .....	90
7.4.2.2. Les gouttières de transfères.....	91
7.7.3. Collage précis des brackets orthodontiques linguaux avec la technique KommonBase	91
7.7.4. Avantages et inconvénients de la technique linguale .....	92
7.5. Technique Pitts [88, 89, 90].....	93
7.5.1. Introduction.....	93
7.5.2. Apparition des bracket H4 .....	93
7.5.3. L'innovation Pitts 21 .....	94
7.5.4. SAP (Smile Arc Protection).....	94
7.5.5. Personnalisation du tableau pour les cas traités avec extraction de prémolaire	97
7.5.6. Avantages dérivés de l'utilisation de ce tableau .....	97
<b>Chapitre IV : Les variétés des brackets orthodontiques.....</b>	<b>99</b>
1. Les brackets auto-ligaturants [91].....	100
1.1. Avantages .....	100
1.2. Inconvénients .....	100
1.3. Evolution des brackets auto-ligaturants.....	101
1.3.1. The russel attachement : (système passif).....	101
1.3.2. L'EDGELOCK : (système passif) .....	101
1.3.3. Le SPEED : (système actif) .....	102
1.3.4. L'ACTIVA A 1986 : (système passif).....	102
1.3.5. LE DAMON SL : (système passif).....	103
1.3.6. Le TWINLOCK : (système passif) .....	103
1.3.7. INNOVATION : (système actif) .....	103
2. Les brackets de BEGG [95, 96, 97].....	104
2.1. Placement des brackets.....	104
3. Les brackets Tip Edge .....	104
3.1. Positionnement des brackets .....	105
<b>Chapitre V : Dépose des brackets et les échecs de collage .....</b>	<b>106</b>
1. La dépose des brackets 100] .....	107
2. Les effets indésirables et les problèmes liés au collage [46].....	110
2.1. Les effets indésirables survenant pendant le collage des brackets .....	110

2.1.1.	Effets secondaires de mordantage.....	110
2.1.2.	Une mauvaise polymérisation.....	110
2.1.3.	Inconfort, sensibilité et douleur .....	110
2.1.4.	Accumulation de plaque et de tartre .....	110
2.1.5.	Irritations et lésions buccales .....	111
2.1.6.	Dommmages aux dents et au parodonte .....	111
2.1.7.	Cas d'allergies.....	111
2.1.8.	Décollement des brackets .....	111
2.2.	Les effets indésirables survenant lors du débracketage .....	112
2.2.1.	Inconfort, douleur et sensibilité .....	112
2.2.2.	Dommmages sur l'email .....	112
2.2.3.	Risque de fracture, de décollement, ou d'endommagement d'une obturation	112
2.3.	Les effets indésirables apparaissant après débracketage.....	112
2.3.1.	Présence des résidus de la colle .....	112
2.3.2.	Changement de la couleur des dents.....	113
2.3.3.	Sensations inhabituelles .....	113
3.	Le décollement des brackets.....	114
3.1.	Les causes de décollement .....	114
3.2.	Les grandes règles à respecter pour réussir le collage.....	114
	<b>Partie Pratique.....</b>	<b>116</b>
	<b>Cas clinique 01.....</b>	<b>117</b>
	<b>Cas clinique 02.....</b>	<b>120</b>
	<b>Conclusion .....</b>	<b>126</b>
	<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>127</b>
	<b>RESUME .....</b>	<b>134</b>

## LISTE DES ABREVIATIONS

<b>Symboles</b>	<b>Définitions</b>
4-META	4-Methacryloyloxyethyl trimellitate anhydride
AME	Appareil de Mesured'Epaisseurs
Best	Bonding With Equal Specific Thickness
bis-GMA	Bisphenol A-glycidyl methacrylate
CAD/Cam	Conception Assistée par Ordinateur / Fabrication Assistée par Ordinateur
CVIMAR	Ciment Verre-Ionomère Modifié par Adjonction de Résine
CO <sub>2</sub>	Dioxyde de carbone
CoCr	Alliage Cobalt-Chrome
ER	Erbium
ErCs YSGG	Erbium, chromium-doped yttrium, scandium, gallium and garnet
ErYAG	Laser au grenat d'yttrium-aluminium dopé à l'erbium
FA	Facial Axis
FACC	Facial Axis of the Clinical Crown
HEMA	Hydroxyethylmethacrylate
KCI	korean Computer Information
LED	Light Emitting Diode
M&R	Mordançage/rinçage
MBT	McLaughlin, Bennett, and Trevisi
MPa	Mégapascal
ND	Néodyme
NiTi	Nickel Titane
NPG-GMA	N-(2-hydroxy-3-methacryloxypropyl) -N-phenylglycine
ODF	Orthopédie Dento-Faciale
SAM	Systèmes auto-mordançant
STb	Scuzzo Takemoto bracket
TARG	Torque Angulation Référence Guide
TMA	Titanium MolybdenumAlloy
UV	Ultraviolet
nm	Nanomètre (10 <sup>-9</sup> mètres)
µm	Micromètre (10 <sup>-6</sup> mètres)
mm	Millimètre (10 <sup>-3</sup> mètres)
s	Seconde
W	Watt

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Les éléments de l'appareillage Edgewise.....	75
Tableau 2. Positionnement des bracket en technique Edgewise. ....	78
Tableau 3. Moyennes d'Andrews.....	82
Tableau 4. Le tableau Vari-Simplex pour la hauteur des brackets.....	95
Tableau 5. Guide Position Smile-Arc (GPS-A). ....	97

## LISTE DES FIGURES

Figure 1. Ancien appliance.....	4
Figure 2. Appareil orthodontique de P.Fauchard. ....	5
Figure 3. Photo d'Edward Angle (1855-1930).....	5
Figure 4. The E arch Appliance. ....	6
Figure 5. Pin and tube appliance. ....	6
Figure 6. Ribbon Arch Appliance. ....	7
Figure 7. Adhésifs dentaires.....	11
Figure 8. Agent mordançant.....	13
Figure 9. Agent mordançant (porcelainetch).....	13
Figure 10. Les étapes de système MR3.....	13
Figure 11. Les étapes de système MR2.....	14
Figure 12. Les étapes de système SAM II.....	14
Figure 13. Les étapes de système SAM I.....	14
Figure 14. Concise Orthodontic Adhesive (3MUnitek). ....	16
Figure 15. Rely-A-Bond (Reliance). ....	16
Figure 16. Composite orthodontique photopolymérisableTransbond XT 3M Unitek. ....	17
Figure 17. Présentation du produit RelyX® Unicem 2 Automix de 3M Espe.....	18
Figure 18. Ciment à base d'oxyde de zinc (Proclinic).....	20
Figure 19. Ciment polycarboxylate (Harvard). ....	21
Figure 20. Fuji I GC. Kit Intro de Ciment de Verre Ionomère.....	22
Figure 21. Verroux orthodontiques.....	22
Figure 22. Constituants du bracket.....	23
Figure 23. Brackets métalliques. A) Brackets insérés sur les dents d'un patient. B) Coffret de brackets.....	24
Figure 24. Bracket en céramique (A). B) Coffret de brackets. ....	24
Figure 25. Brackets céramiques insérés sur les dents d'un patient. ....	25
Figure 26. Bracket en composite (A). B) Brackets en composites insérés sur les dents d'un patient.....	25
Figure 27. Attaches orthodontiques en saphir.....	26
Figure 28. Brackets métalliques.....	26
Figure 29. Brackets céramiques.....	27
Figure 30. Verroux métalliques.....	28

Figure 31. Coupe longitudinale d'une attache orthodontique B : attache ; C : colle ; S substrat. .....	31
Figure 32. Acide orthophosphorique.....	33
Figure 33. MicroEtcher® II A (Danville Engineering, Etat Unis).....	34
Figure 34. Couronnes, facettes dentaires en céramique. ....	36
Figure 35. A) Fraises diamantées. B) Air abrasion. ....	38
Figure 36. Primer plastique. ....	39
Figure 37. Composition et stratification de la céramique dentaire.....	39
Figure 38. Etch gel : gel d'acide fluorhydrico al 9,6 %. ....	40
Figure 39. Reliance Metal Primer. ....	42
Figure 40. Microblaster dentaire en oxyde d'aluminium (alumine-polisseuse-par l'air Abrasion -Microetcher-sablage).....	43
Figure 41. A) Miroir intra oral. B) Ecarteur. C) Polissage prophylactique.....	44
Figure 42. A) Jauge Boone. B) Jauges Dougherty. C) Baguette jetable. ....	45
Figure 43. Etching, bonding, composite flow. ....	45
Figure 44. Brackets orthodontiques. ....	45
Figure 45. Lumière bleue du spectre visible dont les longueurs d'onde vont de 380 à 500 nm. .....	46
Figure 46. Lampe polymérisante.....	47
Figure 47. Filtre de protection.....	47
Figure 48. Radiomètre a LED. ....	47
Figure 49. Vernis fluoré. ....	47
Figure 50. Porte brackets.....	47
Figure 51. A) Mordançage à l'acide orthophosphorique. B) l'aspect blanc crayeux après séchage. ....	48
Figure 52. A) Application de l'adhésif. B) Collage du bracket avec la colle. ....	48
Figure 53. Matériel à empreintes à l'alginate. A) alginate. B) porte-empreintes. C) bols et spatules. ....	50
Figure 54. Positionnement des attaches sur les modèles.....	50
Figure 55. A) Concice® de 3M. B) Phase II® Reliance.....	51
Figure 56. A) Gouttière monocouche thermoformée. B) Double gouttière. ....	52
Figure 57. Gouttière de transfert en silicone transparent. ....	52
Figure 58. A) Matériel de préparation d'empreinte en alginate. B) Prise d'empreinte en alginate. ....	53
Figure 59. A) Modèle en plâtre. B) Modèle en silicone.....	53
Figure 60. Photo montrant l'application d'une couche d'isolante. ....	54
Figure 61. Bracket placé et durci sur le modèle dentaire. ....	54
Figure 62. Gouttière de transfert. ....	55
Figure 63. Procédure de collage indirect d'après le Dr L. Hitmi 2012 [65]. ....	56
Figure 64. Appareil photographique numérique équipé de flashes r1 c1. ....	59
Figure 65. Association d'une radiographie tridimensionnelle à un scan intraoral. ....	60
Figure 66. Différents modèles de caméra intra orales.....	60
Figure 67. Conception numérique du guide de collage direct.....	61
Figure 68. Position idéale de l'attache affichée à l'écran en temps réel avec OrthoCAD. ....	62

Figure 69. Positionnement des attaches sur un modèle imprimé par dépôt de fil fondu. ....	63
Figure 70. A) Segmentation des dents semi-automatique B) Positionnement virtuel des attaches sur OrthoAnalyzer. ....	63
Figure 71. (A) Maître-modèle imprimé comportant des marqueurs de position, (B) Attaches positionnées à l'aide des marqueurs, (C) Gouttière de transfert thermoformée.....	64
Figure 72. Gouttières de transfert imprimées avec attaches inversées.....	64
Figure 73. Visualisation de l'axe des racines grâce au couplage de moulages numériques avec un CBCT. ....	66
Figure 74. A, B) Positionnement des attaches en imagerie 3D. C) Gouttière de transfère fabriquée à partir du modèle virtuel. ....	67
Figure 75. Superposition du set- up initial avec les modèles de fin de traitement.....	69
Figure 76. Choix de forme d'arcade sur OrthoAnalyzer.....	69
Figure 77. Conception de la gouttière de transfert sur Appliance Designer (OrthoAnalyzer). 70	
Figure 78. Conception de jigs unitaires sur 3Txer (Orapix). ....	71
Figure 79. Robot pileur. ....	73
Figure 80. Attaches personnalisées Insigna. ....	74
Figure 81. Bracket et arc Edgewise.....	75
Figure 82. Schéma d'A) bracket Edgewise. B) tube Edgewise. ....	76
Figure 83. Schémas illustrant différents types d'arcs orthodontiques. ....	76
Figure 84. Courbure de 1 <sup>er</sup> ordre. A) Maxillaire. B) Mandibule. C) plicature en baionnette. .	77
Figure 85. Courbure 2 <sup>ème</sup> ordre. ....	77
Figure 86. a) Tip-forward b) Tip-back bend.....	77
Figure 87. Schéma descriptif de la réalisation du torque par 2 pinces.....	78
Figure 88. Axe vestibulaire de la couronne clinique FACC. ....	80
Figure 89. Situation des FACC et des FA sur les différentes dents [77]. ....	80
Figure 90. Plan médian d'Andrews [77]. ....	80
Figure 91. Calcul de l'information de troisième ordre.....	81
Figure 92. Calcul de deuxième ordre. ....	82
Figure 93. Kit brackets Roth métallique. ....	85
Figure 94. Collage par technique linguale. ....	86
Figure 95. Bracket (Ormco®). ....	87
Figure 96. Boîtiers Magic de Dentaaurum.....	87
Figure 97. Bracket orthodontique en métal STb. ....	87
Figure 98. 2D lingual. ....	88
Figure 99. In-Ovation L. ....	88
Figure 100. Arc NiTi lingual.....	88
Figure 101. System Incognito. ....	89
Figure 102. Prescription standardisé TARG. ....	90
Figure 103. Set-up virtuel. B) Fusionnement virtuel des attaches. ....	91
Figure 104. Gouttières de transfère des attaches bioplast. ....	91
Figure 105. System kommonBase pour la fixation directe des brackets linguaux. (Le jaune représente la base étendue formée à partir de la résine de kommonBase). ....	92
Figure 106. Adhésif orthodontique en résine kommonBase. ....	92
Figure 107. Bracket H4 auto-ligaturant.....	94

Figure 108. Brackets auto ligaturantpitts 21. ....	94
Figure 109. Technique SAP vs technique traditionnel.....	94
Figure 110. Arc de sourire.....	95
Figure 111. Bracket en métal auto-ligaturant Standard.....	100
Figure 112. Bracket auto-ligaturant passive [92]. ....	101
Figure 113. Bracket auto-ligaturant active [92]. ....	101
Figure 114. The russel attachement.....	101
Figure 115. EDGELOCK.....	102
Figure 116. Le SPEED. ....	102
Figure 117. L' ACTIVA A.....	102
Figure 118. Le DAMON. ....	103
Figure 119. Le TWINLOCK.....	103
Figure 120. INNOVATION. ....	103
Figure 121. Bracket de BEGG. ....	104
Figure 122. Attache « Edgwise » modifiée, donnant le bracket Tip-Edge. ....	105
Figure 123. Dépose des brackets.....	107
Figure 124. Pince à débayer enserre l' attache qui est décollée par un mouvement de bascule. .....	107
Figure 125. Coffret de retrait de colles orthodontiques Ko-met smoozies.....	108
Figure 126. Fraise à finir retire le plus gros de la colle (vitesse 40000t/min sous spray). ....	108
Figure 127. Polissage par passages successifs de cupules (6000t/min sous spray). ....	109
Figure 128. Deux photos montrant une opération de brillantage de la surface dentaire avec une pâte de polissage.....	109
Figure 129. Dommages dentaires (lésion carieuse et des white spot) et gingivite.....	113
Figure 130. Décollage de bracket.....	113
Figure 131. Résidus de la colle. ....	113
Figure 132. Irritations et lésions buccales.....	113
Figure 133. Les parties les plus irritantes peuvent être recouvertes avec de la cire pour soulager le patient temporairement. ....	113
Figure 134. Vue clinique initiale.....	117
Figure 135. Mordancage de l'émail avec de l'acide phosphorique pendant 30 secondes.....	117
Figure 136. Aspect blanc crayeux après séchage.....	118
Figure 137. Application d'un adhésif dentaire sur l'émail mordancé. ....	118
Figure 138. Photopolymérisation de l'adhésif selon les recommandations du fabricant. ....	118
Figure 139. Positionnement précis des brackets sur les dents selon un guide de positionnement. ....	119
Figure 140. Mise en place de l' attache et élimination des excès. ....	119
Figure 141. Photopolymérisation cervicale et occlusale, ou mésiale et distale. ....	119
Figure 142. Vue clinique après positionnement des attaches (arcade supérieure).....	120
Figure 143. Vue clinique après positionnement des attaches et mise en place de l'arc (arcade supérieure et inférieure). ....	120
Figure 144. Impression écran du logiciel OrthoAnalyzer pour la suite du fractionnement du maxillaire avec le contour des dents et les axes occluso-gingivaux.....	121

Figure 145. Impression écran du logiciel OrthoAnalyzer pour le fractionnement du maxillaire lors de l'affichage de l'axémésio-distal des dents du maxillaire (sauf les 4 dents de sagesse).	121
Figure 146. Impression écran du logiciel OrthoAnalyzer lors de l'ajustement des attaches orthodontiques. En bas de l'écran les images contiennent les dimensions permettant d'ajuster précisément les attaches.	122
Figure 147. Résultat final du positionnement des attaches orthodontiques sur le logiciel OrthoAnalyzer.	122
Figure 148. Moulages imprimés par impression 3D avec encoche pour positionner les attaches orthodontiques.	122
Figure 149. Gouttière souple thermoformée.	123
Figure 150. Gouttière rigide.	123
Figure 151. Plateau de travail.	124
Figure 152. Application de la colle sur les attaches.	124
Figure 153. Insertion des gouttières, maintien tripodique et photopolymérisation.	125
Figure 154. Elimination de la colle avec disque polissant et Shure.	125

## INTRODUCTION

L'orthodontie est une discipline de l'art dentaire, qui répond depuis toujours aux exigences des patients (esthétiques, fonctionnelles ...). Ce qui constitue l'une des grandes richesses de l'orthodontie, c'est la multiplicité des procédés dont dispose le praticien pour corriger une malocclusion dentaire ou une dysmorphose squelettique.

Une des classifications possibles de ces dispositifs consiste à distinguer les appareils amovibles, et, les appareils fixes par définition figés (scellés ou collés) sur les arcades dentaires pendant toute la durée du traitement, longtemps appelés multibagues, les appareils multiattaches comme il est plus juste de les nommer aujourd'hui, permettent le contrôle tridimensionnel du déplacement dentaire.

La plupart de ces techniques orthodontiques fixes actuelles dérivent de celles mises au point par ANGLE en 1891, jusqu'en 1960 l'utilisation de ces appareils multiattaches est largement développée, depuis, la technique a connu une révolution qui permet de positionner les attaches facilement et précisément en évitant le recours au scellement des bagues : LE COLLAGE.

Le collage est une composante majeure dans notre arsenal thérapeutique. L'orthodontiste comme l'odontologiste est amené à assembler différents matériaux sur des nombreux substrats (email, amalgame, céramique, résine...) de façon routinière. La maîtrise de cette étape clinique est un maillot clé de la chaîne technique nécessaire de l'outil multiattache.

Dans notre travail, nous consacrons nos recherches sur les points majeurs du collage : principes, techniques et matériels. Et nous montrerons en quoi les nouvelles techniques, et l'apport informatique au collage, constituent une évolution importante.

---

---

# **PARTIE THEORIQUE**

---

---

---

# **CHAPITRE I : HISTORIQUE**

---

L'orthodontie est devenue une discipline à part entière à la fin de 19<sup>ème</sup> siècle, mais l'utilisation d'appareils pour redresser les dents remonte à plus de 3000 ans. Les appareils ont beaucoup évolué au cours des deux derniers siècles. La technologie numérique signifie que ces progrès devraient se poursuivre, mais ce n'est qu'à la fin de XVIII<sup>ème</sup> siècle que les premiers appareils pratiques sont apparus ; affinés au début des années 1900.

Les preuves recueillies auprès des momies égyptiennes montrent que la civilisation ancienne équipait les dents des appareils. Les archéologues ont découvert plusieurs momies avec de simples bandes métalliques enroulées autour des dents individuelles (Ancien appliance. Figure 1), indiquant que l'ancien égyptien savait que la pression pouvait être utilisée pour déplacer les dents sur une période de temps. Ces idées ont évolué pour devenir l'appareil orthodontique fixe d'aujourd'hui.



*Figure 1. Ancien appliance.*

Des dents liées avec un fil d'or, vraisemblablement un ancien précurseur du fil de ligature moderne, ont été trouvées dans une tombe romaine en Egypte (Ruffer, 1912). Les Romains considéraient les dents comme étant précieuses. Le premier code de droit romain (450 avant JC) déclarait que « des sanctions spéciales seraient imposées pour avoir cassée les dents d'un individu, homme libre ou esclave ».[1]

Abu Alquasim Alzahraoui (940-1013) connu en occident sous le nom Abulicassis, médecin à Cordoue peut être considéré comme le 1<sup>er</sup> orthodontiste de l'histoire de la civilisation arabe, il conseillait le traitement de l'encombrement des dents par extraction ou par l'usage et induisait le déplacement dentaire par la pression intermittente des doigts, il a relayé et développé les acquis des civilisations précédente.[2]

A partir de XVIII<sup>ème</sup> siècle, le premier pays dans le domaine de la dentisterie était la France. C'était dû, en grande mesure aux efforts d'un homme: Pierre Fauchard (1678-1761) un dentiste français largement considéré comme le fondateur de la dentisterie, il jette la base de l'orthodontie, il a été le premier à retirer la dentisterie des liens de l'empirisme et la mettre sur une base scientifique.[3]

## **1. Système de Pierre Fauchard**

Personne avant Pierre Fauchard, n'avait prétendu déplacer des dents, sauf Celse, qui conseillait d'appuyer avec le doigt sur la dent qui évoluait en mauvaise direction.

Après avoir examiné la bouche et l'occlusion, Fauchard propose divers procédés pour « redresser » les dents. Le principal est la « lame », ruban de métal qui prend appui sur des dents pour en déplacer d'autres. Il redresse aussi les dents « inclinées en dedans » par luxation, à l'aide d'un « pélican ». Son principe est basé sur son cas clinique étudié en 1723 quand il traita une fille, qui présentait une incisive latérale en forte linguo-version. Le premier appareil d'expansion, connu sous le nom de bandeau. Un arc d'expansion composée d'une bande en fer à cheval en métal précieux à laquelle les dents ont été ligaturées (Figure 2). Cela est devenu la base de l'arc E d'angle. [1]

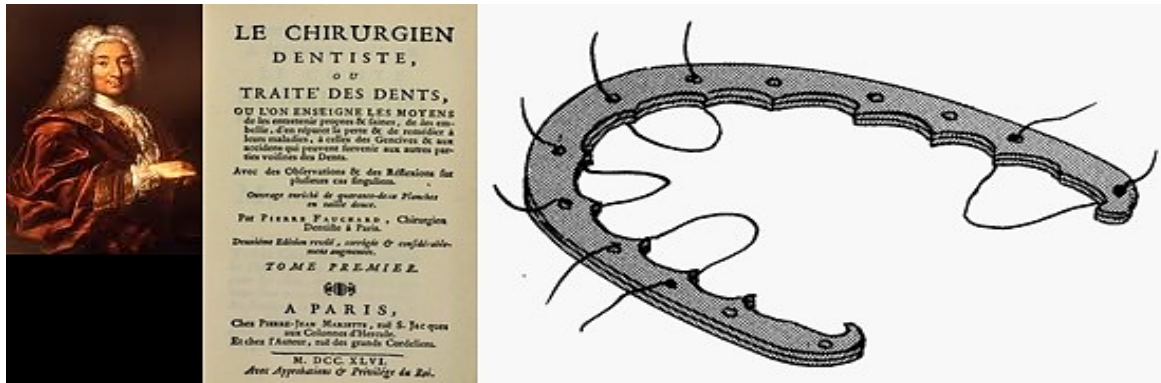


Figure 2. Appareil orthodontique de P.Fauchard.

## 2. Système d'angle

À la fin XIXe siècle, L'orthodontie était largement dirigée par le dentiste américain Edward Angle (1855-1930) (voir sa photo dans la Figure 3), qui été largement considéré comme « le père de l'orthodontie moderne »[2]. Un orthodontiste qui a consacré toute sa vie à la recherche d'une technique pour traiter ses patients en rétablissant une occlusion aussi proche de l'occlusion idéale. [2]



Figure 3. Photo d'Edward Angle (1855-1930).

L'Edgewise était l'aboutissement de cette recherche et le dernier d'une série de mécanismes successivement abandonnés. Angle le présentait lui-même comme " the latest and the best in orthodontic mechanisms", le dernier et le meilleur des mécanismes orthodontiques. L'évolution des différents appareils inventés par Angle jusqu'à l'Edgewise nous permet de mieux cerner sa démarche opiniâtre pour augmenter les possibilités techniques à la mesure de la finalité biologique. [4]

Le docteur Angle avait, en 1900, introduit dans la profession l'« **E arch** » (**arc d'expansion**) (voir la Figure 4). Il s'agissait d'un arc vestibulaire rond d'un diamètre de 9/10° mm (036inch). Ses extrémités filetées portaient d'écrous pénétrant dans des tubes soudés sur des bagues scellées sur les premières molaires. Les dents étaient directement liées à l'arc par des ligatures métalliques. L'allongement de l'arc au moyen d'écrous permettait une expansion suffisante pour mettre les dents en alignement ; les rapports d'arcade étaient corrigés par le jeu d'élastiques intermaxillaires. [4]

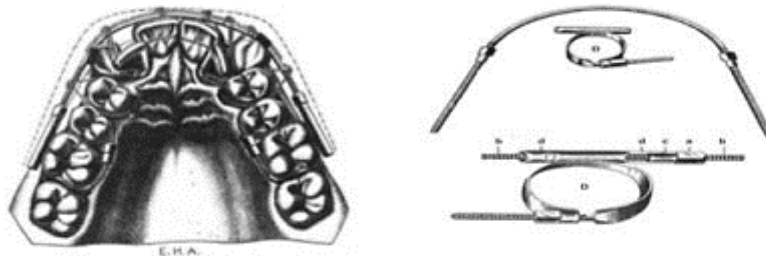


Figure 4. The E arch Appliance.

L'arc de Fauchard n'avait donné que le contrôle de basculement mais avec l'arc E les dents pouvaient être tournées pour la première fois. Malgré l'alignement obtenu par cette technique, le résultat est jugé insuffisant puisque les axes des dents présentaient une vestibulo-version anormale. En 1912 Angle créa une autre technique de traitement susceptible de combler les lacunes de la première il la nomma alors « **contention travaillante ou Tube and pins Appliance** » (schéma de la Figure 5). Il s'agit d'un assemblage tenon-tube vertical. Toutes les dents sont baguées et munies des tubes verticaux, reçoivent des tenons soudés à un arc élastique. Les tenons sont dessoudés et ressoudés dans des positions différentes en fonction des mouvements à produire. Le contrôle des racines est possible mais le système s'avère extrêmement compliqué à mettre en œuvre pour des résultats généralement décevants. L'impossibilité de correction des rotations et surtout la limitation de la liberté des mouvements dentaires désirés. [5]

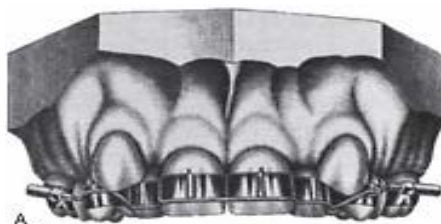


Figure 5. Pin and tube appliance.

Pour toutes ces raisons, Angle réalisa en 1915 un nouvel appareillage le "**Ribbonarch**"(Figure 6). Des appareillages précédents les bagues molaires d'ancrage et les bagues sur les autres dents sont conservées mais l'arc vestibulaire devient un arc plat, plus large dans les sens occluso-gingival et surtout la grande nouveauté est le moyen de fixation de l'arc aux bagues qui se fait par l'intermédiaire d'un " bracket ". C'est un bond en avant prodigieux car le concept du véritable attachement orthodontique est né : celui qui permet la transmission de l'arc à la dent, d'une force dirigée pour obtenir des mouvements dentaires vestibulaires, linguaux, d'ingression, d'égression, de rotation. [4]

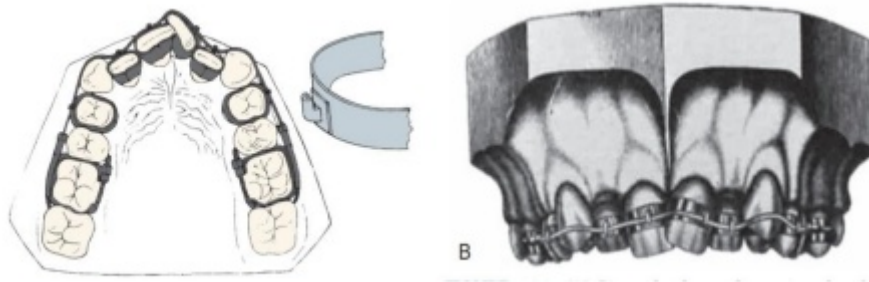


Figure 6. Ribbon Arch Appliance.

Puis Angle réoriente l'insertion de l'arc rectangulaire selon sa tranche d'où le nom de cette technique Edgewise qui veut dire le fil rectangulaire s'insère dans la lumière du bracket par son côté le plus étroit. [4]

### 3. Système d'Edgewise

Edward H. Angle ne connaissait qu'un principe thérapeutique selon lequel, la nature nous ayant conçu avec 32 dents, toutes celles-ci devaient être conservées et l'expansion était la règle. Après avoir appliqué la technique d'angle durant six ans son élève Dr Charles Tweed est peu satisfait des résultats esthétiques surtout par rapport au profil qu'il le trouve trop convexe. Il constate aussi l'instabilité des traitements par expansion. Tweed propose alors son concept basé sur la nécessité d'extraire des dents pour permettre un alignement antérieur stable et esthétique. Il utilise le système Edgewise d'Angle, mais en modifiant les phases mécaniques en fonction des extractions préconisées. D'abord critiqué, il est ensuite rallié par la majorité des orthodontistes de l'époque. Il va transformer l'orthodontiste en « plieur de fil » et contribuer au développement du raisonnement biomécanique en introduisant la notion d'ancrage. [6]

Une autre évolution sur le plan attachement, Begg l'élève australien d'Angle propose un bracketunipoint comportant des gouttières verticales destinées à recevoir des petites épingles pour les verrouillages des arcs et à recevoir des ressorts axillaires destinés aux redressements axiaux des racines. Le contact arc-bracket est réduit au minimum d'où l'appellation bracketunipoint donc moins de forces de frottement. [7]

Enfin, en 1971 Andrews conçoit et commercialise un nouvel ensemble d'attaches.

#### **4. Arc Droit (Strightwire)**

Il s'agit d'un appareil multiattache avec une mécanique dite « d'arc droit » ce type de mécanique est obtenu par l'utilisation des consoles incorporant l'ensemble des informations dans les trois sens de l'espace (informations programmées dans le bracket de 1er, 2e et 3e ordre). Ces informations permettent un placement idéal de la denture en utilisant des arcs neutres, plats exempts de toute déformation. [8]

Toutes ces techniques consistent à utiliser des éléments actifs et passifs, certains sont directement liés aux dents par des produits, substance, ou matériaux de collage, D'autre sont accrochées ou solidarisiées de différentes façons.

Dans le prochain chapitre, on va voir quelques notions en biomatériaux de ce dispositif et ces produits.

---

**CHAPITRE II : LES BIOMATERIAUX**

---

## **1. Définitions[9]**

### **1.1. Biomatériaux**

Les biomatériaux sont des matériaux destinés à être en contact temporaire ou permanent avec les différents tissus, organes ou fluides d'un être vivant dans un but diagnostic, préventif ou thérapeutique. Les biomatériaux dentaires (Classe II a) doivent obligatoirement subir des tests de génotoxicité, cytotoxicité, allergie, sensibilisation et implantation, ils doivent être biocompatibles.

### **1.2. Biocompatibilité**

C'est l'aptitude d'un biomatériau à remplir pleinement la fonction pour laquelle il a été conçu, sans porter atteinte à la vitalité du milieu biologique dans lequel il est inséré. Elle inclut la résistance à la corrosion et la tolérance des tissus aux alliages utilisés.

### **1.3. Biodégradation**

La biodégradation est définie comme la dégradation des caractéristiques d'un biomatériau créée par l'environnement biologique dans lequel il fonctionne. Elle peut être d'origine électrochimique (corrosion) ou biologique, par attaque microbienne, principalement. Le biomatériau ne peut plus remplir sa fonction correctement et il peut devenir dangereux.

## **2. Les biomatériaux de collage**

### **2.1. Les résines de collage**

#### **2.1.1. Les Adhésifs dentaires**

Les systèmes adhésifs (plusieurs types d'adhésif sont montrés dans la Figure 7) pour le collage des attaches sur les tissus durs dentaires ou les autres surfaces doivent répondre à des normes élevées en orthodontie. L'adhésif doit résister aux forces du traitement orthodontique ainsi qu'aux mouvements de mastication dans l'environnement humide et chaud de la cavité buccale. De plus, en cas de retrait planifié d'une attache, aucun dommage ne doit être causé aux tissus dentaires durs ou aux matériaux qui recouvrent la dent. [10]



Figure 7. Adhésifs dentaires.

### 2.1.1.1. Rappel sur les systèmes adhésifs

Les systèmes adhésifs sont constitués de différents biomatériaux appliqués successivement sur les surfaces dentaires. Leur utilisation est très souvent indispensable à la réalisation d'une interface dent-résine de collage cohérente et répondant aux impératifs posés par le collage. Un système adhésif est constitué de :

- **Un agent acide** permettant le mordantage de l'émail et/ou de la dentine.
- **Un primaire d'adhésion** : à la fois hydrophile et hydrophobe, le primaire permet de lier le substrat, hydrophile, et l'adhésif qui lui, en revanche, est hydrophobe.
- **Un adhésif** : constitué de monomères résineux, il infiltre le substrat dentaire et assure la liaison avec la résine de collage.

### 2.1.1.2. Classifications des systèmes adhésifs

Peuvent être classés en fonction de leur apparition et de leur évolution au cours des dernières décennies. Cette première classification revêt un caractère historique et permet de distinguer actuellement 7 générations de matériaux d'interface.

#### 2.1.1.2.1. Selon les générations [11]

##### a. Les Adhésifs de 3 premières générations (1955-1990)

Ces générations se succèdent avec différentes propositions d'utilisation de certains monomères (4-META, HEMA, NPG-GMA...) ou, par exemple, le traitement de la dentine à l'acide chlorhydrique à 7%. Ces générations reposent sur un traitement séparé de la dentine et de l'émail.

##### b. Les adhésifs de 4ème génération (années 90)

Repose sur l'emploi d'une technique de mordantage total de l'émail et de la dentine. Elle repose sur trois temps opératoires : le mordantage acide de l'émail et de la dentine, l'infiltration de la surface traitée par un primaire d'adhésion « primer » et l'application de la résine adhésive hydrophobe « bonding ».

**c. Les adhésifs de 5ème génération: (à partir de 1995)**

Voit le jour en vue d'une simplification du protocole clinique et d'une réduction du temps opératoire. Seules deux étapes sont nécessaires, le primer et la résine adhésive étant regroupés au sein d'un seul flacon. Le principe d'adhésion à la dentine reste le même. Le succès de celle-ci repose essentiellement sur la conservation d'une certaine humidité du substrat.

**d. Les adhésifs de 6ème génération: à partir du l'an 2000**

Une 6ème génération est proposée, pour laquelle les étapes mordançage et primer sont réunis en une seule. Ces sont les adhésifs auto-mordançant.

**e. Adhésifs de 7ème génération:**représentent la simplification ultime avec un système « tout en un ». Tous les composants sont regroupés au sein d'un seul flacon ou un seul mélange.

Néanmoins,la classification la plus communément utilisée est basée sur le nombre d'étapes associées à la préparation des surfaces dentaires.

**2.1.1.2.2. Selon le nombre de séquences[11]**

- **les M&R (pour mordançage/rinçage)**, qui sont des systèmes adhésifs qui nécessitent un mordançage préalable à l'acide orthophosphorique ;
- **les SAM (pour systèmes auto-mordançant)**, qui sont des systèmes ne nécessitant aucun traitement des tissus préalable à l'application du système adhésif.

Chacune de ces classes est subdivisée en fonction du nombre d'étapes nécessaire à l'application de l'adhésif :

- 3 ou 2 temps opératoires, qualifiés respectivement de M&R III ou M&R II ;
- 2 ou 1 temps opératoire, qualifiés respectivement de SAM II ou SAM I.

**2.1.1.2.2.1. Les systèmes M&R II/III**

**a. L'agent mordançant**

Les systèmes M&R se basent sur un mordançage préalable (Figure 8). Comme vu précédemment, il est réalisé grâce à de l'acide orthophosphorique dont la concentration s'élève en moyenne à 37% et dont le pH est inférieur à 1. Sous forme de gel, leur coloration permet de contrôler leur application au niveau des tissus dentaires. Leur viscosité relative permet également de mordancer de façon sélective les tissus d'intérêt, en évitant que l'acide ne s'étale au-delà de la zone désirée.



Figure 8. Agent mordantant.

Mais cependant cet agent mordantant est efficace sur les tissus dentaires (l'email) mais sur les autres matières comme (céramique, composite...) son efficacité est moindre donc pour cela il existe un autre agent mordantant qui a une efficacité élevée sur ces matières là c'est l'acide phosphorique 38% (porcelainetch) (Figure 9).



Figure 9. Agent mordantant (porcelainetch).

### b. Les systèmes M&R III

Sa mise en œuvre requiert trois étapes cliniques distinctes (Figure 10), chacune d'entre elles correspondant à l'utilisation d'un matériau:

- Mordançage ;
- Primaire (hydrophile + hydrophobe) + Solvant ;
- Résine hydrophobe à base de Bis-GMA.



Figure 10. Les étapes de système MR3.

### c. Les systèmes M&R II

Ces systèmes comprennent deux étapes cliniques (Figure 11) :

- Agent déminéralisant ;
- Mélange de primaire et adhésive.



Figure 11. Les étapes de système MR2.

#### 2.1.1.2.2. Les systèmes SAM I et II

Dans le cas d'un SAM II, le mordantage et l'application du primaire sont concomitants. Un même flacon contient donc : des monomères acides assurant la déminéralisation des tissus dentaires et leur infiltration ; et le primaire composé de monomères hydroxyéthylméthacrylate - HEMA- et de solvants (Figure 12).



Figure 12. Les étapes de système SAM II.

L'utilisation d'un SAM I, quant à lui, ne nécessite qu'une seule application (Figure 13) : le mordantage, la mise en place du primer et de l'adhésif sont ainsi réalisés en une étape seulement. Ils contiennent, à l'instar d'un SAM I, des monomères acides, des monomères HEMA, et des solvants. Leur composition diffère par l'ajout d'un adhésif.



Figure 13. Les étapes de système SAM I.

## 2.1.2. Les colles en orthodontie

### 2.1.2.1. Propriétés liées à l'application en Orthodontie

Tout système de collage en orthodontie doit présenter les caractéristiques suivantes :

- Une adhésion suffisante pour éviter le décollement des brackets ;
- Une étanchéité immédiate, mais qui doit aussi être conservée dans le temps pour éviter tout problème de taches de déminéralisation ou de lésions carieuses sous la colle ;
- Des propriétés mécaniques suffisantes car la tenue de l'assemblage ne dépend pas seulement de l'adhésion de la colle, mais aussi de propriétés mécaniques qui ne doivent pas être excessives pour ne pas nuire à l'intégrité de l'émail lors de la dépose des brackets ;
- Un temps de travail suffisant pour permettre le multicollage des brackets ;
- Une élimination aisée des excès ;
- Une dépose facile des attaches sans dommage pour la surface amélaire ;
- Enfin, une certaine tolérance à la manipulation dans un milieu où une contamination humide ou salivaire accidentelle est possible. Malheureusement, il n'existe aucun système de collage qui réponde à l'ensemble de ce cahier des charges. C'est pourquoi l'orthodontiste est conduit à faire un choix entre les différents systèmes de collage. [12]

### 2.1.2.2. Les différentes colles en orthodontie

En orthodontie, on appelle communément « colle » tous les matériaux unissant la dent et le bracket. Les colles sont composées d'un adhésif et d'un composite. [12]

Les composites ont été classés de différentes manières pour essayer de prendre en compte la diversité des orientations prises par les fabricants. Parmi ces classifications nous basons sur le mode de polymérisation. [13]

#### 2.1.2.2.1. Les colles à polymérisation chimique

Sur le marché, on trouve des systèmes pâtes-pâtes ou pâtes-activateur.

- a. **Lesystème pâte-pâte** se présent en réalité sous forme de 2 liquides et 2 pâtes. (Fig14)



Figure 14. ConciseOrthodonticAdhesive (3M Unitek).

Dans ce cas de figure, le protocole consiste à :

- Après préparation et séchage de la surface dentaire, le mélange des 2 liquides (base + activateur) est appliqué sur celle-ci ;
- Application du mélange pâte-pâte (base + activateur) sur la base de l'attache ;
- Mise en place de l'attache, élimination des excès avant la prise et attente de la prise complète de la colle. [14]

**b. Le système pâte-activateur** ou catalyseur, contient un liquide et une pâte (fig15). Le liquide contient l'adhésif plus l'activateur de la polymérisation du composite (la pâte). La pâte contient elle, l'activateur de la polymérisation du liquide.[15]



Figure 15. Rely-A-Bond (Reliance).

Ici, une fois la préparation de surface faite, l'adhésif est appliqué sur les surfaces dentaires et sur la base des attaches. La mise en place du liquide activateur est nécessaire sur les deux surfaces car la prise se fait grâce à la diffusion de l'activateur du liquide vers la pâte et de la pâte vers le liquide. Puis la pâte est appliquée sur la base de l'attache et mise en place sur la dent. Les excès sont éliminés avant la prise totale de la colle qui prend à peu près 5 min. Ce système présente l'avantage par rapport au système précédant de ne pas nécessiter de mélange. [15]

**c. Avantages et inconvénients des colles à polymérisation chimique[13]**

• **Avantages**

- pas de source de lumière ;
- génère moins de chaleur ;
- moins coûteux ;
- contraintes de rétraction plus faibles ;
- plus fluide.

• **Inconvénients**

- temps de travail court et temps de prise long ;
  - moins performant ;
  - rugosité de surface plus importante ;
- risque de discoloration intrinsèque.

**2.1.2.2.2. Les colles à photopolymérisation**

Les colles photopolymérisables sont les colles les plus utilisées en orthodontie. La photopolymérisation date des années 70.[13]



*Figure 16. Composite orthodontique photopolymérisable Transbond XT 3M Unitek.*

Protocole clinique :

- Après préparation et séchage du substrat, on applique un adhésif sur les surfaces dentaires ;
- Application de la colle composite sur la base de l'attache ;
- Mise en place de l'attache ;
- Élimination des excès ;
- Photopolymérisation. [16]

Parmi le composite de photopolymérisation on distingue : les composites auto-adhésives et les composites fluides.

**2.1.2.2.2.1. Les composites auto-adhésifs**

Les colles auto-adhésives ont été développées pour répondre à la demande des praticiens souhaitant une mise en œuvre plus rapide et plus facile avec un plus large champ d'application que les ciments conventionnels [17]. L'etching et l'adhésif sont inclus dans la

composition des colles auto-adhésifs pour minimiser le temps de travail et éviter le risque de multiplicité des erreurs

Le mécanisme d'adhésion des colles orthodontiques est fondé sur un principe purement micromécanique. En absence de mordantage, le mécanisme d'adhésion des colles auto adhésives associe les deux principes : micromécanique et chimique [18].



Figure 17. Présentation du produit RelyX® Unicem 2 Automix de 3M Espe.

Le protocole avec ces colles est simplifié :

- Nettoyage de la surface dentaire ;
- Séchage ;
- Mise en place de la colle sur la base de l'attache ;
- Positionnement de l'attache ;
- Photopolymérisation. [18]

Les colles auto-adhésives sont une solution intéressante au vu de leurs avantages. Cependant, en raison de la viscosité trop faible, il est indispensable de photopolymériser après chaque mise en place d'une attache. Le temps d'exécution du collage d'une ou deux arcades peut alors prendre un temps relativement important.

#### **2.1.2.2.2. Composites fluides (flow)**

Les composites fluides possèdent une quantité de charges réduite, ce qui permet un étalement facile et une bonne adaptation.

Malheureusement, l'augmentation de la phase résineuse aggrave la rétraction de prise et réduit les propriétés mécaniques. Néanmoins, la facilité d'emploi de ces composites, dont la fluidité permet l'étalement dans les préparations, ne doit pas faire perdre de vue leurs faiblesses.

#### **2.1.2.2.3. Avantages et inconvénients des colles photopolymérisables [13]**

- **Avantages**
  - Plus grande solidité/résistance ;
  - Homogénéité remarquable ;
  - Temps de travail long ;
  - Meilleur rendu esthétique ;

- Polymérisation plus rapide par rapport à la chémo-polymérisation.
- **Inconvénients**
  - La polymérisation adéquate dépend de la propagation de la lumière au sein des matériaux ;
  - Source de contraintes sur les parois cavitaires.

### 2.1.2.2.3. La polymérisation duale

La polymérisation duale est une réaction à la fois de chémo-polymérisation et de photo-polymérisation. Elle est initiée par le mélange de deux composants présentant l'avantage d'obtenir une réaction de polymérisation dans des zones profondes ou inaccessible aux photons.

L'excitation des photo-initiateurs par insolation du matériau permettra d'accélérer la réaction.

En conséquence, on peut contrôler le temps de travail et donc réduire ce dernier. L'apport de lumière permet de poursuivre la polymérisation.

Les composites duaux sont utilisés le plus souvent pour les reconstitutions coronoradiculaires car la polymérisation chimique permet d'obtenir une polymérisation dans les zones inaccessibles aux photons.

On les utilise aussi en tant que substitut dentinaire dans les reconstitutions en technique directe des secteurs postérieurs. [13]

#### **Choix entre chémo-polymérisation et photo-polymérisation :**

La balance avantages/inconvénients établie précédemment est nettement en défaveur des composites à activation chimique. En effet, mis à part une cinétique de dissipation des contraintes de rétraction, ils sont inférieurs dans tous les domaines aux composites à activation photonique : plus faibles taux de conversion, moins d'esthétique, moindre contenu en charges, moindres propriétés mécaniques. Ainsi, de manière assez justifiée, l'emploi des résines chémo-polymérisables a largement diminué à partir des années 1980. Cependant, certains praticiens ont recommencé d'utiliser des composites auto-polymérisables, soit seuls, soit en combinaison avec les composites photo-polymérisables.

D'ailleurs, dans les essais cliniques, les composites photo-polymérisables ont en général un taux de réussite supérieur à celui des chémo-polymérisables. [13]

## 2.2. Les ciments de scellement [19]

Les ciments de scellement sont utilisés pour la rétention des bagues et pour la réalisation des cales molaires. Leurs utilisations se font conjointement aux bagues orthodontiques et requièrent un certain nombre de propriétés car ils seront au contact des éléments de la cavité buccale (dents, gencive et salive) durant tout le traitement orthodontique. Les propriétés recherchées sont les suivantes :

- Non iatrogène : biocompatible, non irritant pour la gencive, respect du tissu amélaire ;
- Résistance mécanique suffisante surtout lors de fortes sollicitations (forces orthopédiques) ;
- Résistance à la dissolution salivaire (herméticité) pour maintenir un joint étanche entre la dent et la bague et éviter toute percolation à l'origine de caries ;
- Propriétés d'usage, manipulation facile, temps de manipulation suffisant, temps de prise rapide.

On distingue trois catégories de ciments orthodontiques :

- Les ciments au phosphate de zinc ;
- Les ciments polycarboxylates ;
- Les ciments verre-ionomères.

### 2.2.1. Les ciments au phosphate de zinc

Ces ciments sont les plus anciennement employés. On les retrouve principalement dans les scellements de prothèses conjointes mais certains praticiens continuent de les utiliser en orthodontie, vantant leurs propriétés mécaniques et leur facilité d'utilisation. La rétention assurée est exclusivement d'ordre mécanique par microclavetage. Sa formation se fait par mélange entre un acide orthophosphorique (liquide) et un oxyde de zinc (poudre). La réaction est incomplète laissant de l'acide résiduel expliquant un pH très bas (autour de 5).

Cette acidité explique ses propriétés biologiques très délétères en orthodontie ; risque de décalcifications dentaires voire de réactions pulpaires et irritation du tissu gingival. Son utilisation devrait être proscrite en orthodontie. [19]



Figure 18. Ciment à base d'oxyde de zinc (Proclinic).

### 2.2.2. Les ciments polycarboxylates

Introduits par Smith en 1968, ces produits représentaient à l'époque une nouvelle génération de ciment tant donné leur potentiel d'adhésion à l'émail. (Fig19)

Ces ciments font partie de la famille des polyacryloïdes et à ce titre peuvent être considérés comme les précurseurs des ciments verre-ionomères (CVI). Ils sont formés par la réaction entre un oxyde de zinc et d'albumine et une solution aqueuse d'acide

polyacrylique. Ils possèdent des propriétés mécaniques moindres que celles des ciments au phosphate de zinc et leur solubilité est assez importante. Cependant, ils montrent des propriétés d'adhésion à l'émail grâce aux attractions ioniques de l'acide polycarboxylique et les hydroxyapatites de l'émail et sont considérés comme biologiquement neutres. [19]

Avec l'avènement des CVI, leur utilisation est devenue obsolète en orthodontie.



Figure 19. Ciment polycarboxylate (Harvard).

### 2.2.3. Les ciments verre-ionomères

Mis au point par Wilson et Kent en 1972, les ciments verre-ionomères (CVI) sont le résultat d'une réaction acide/base entre une poudre de verre riche en calcium, en silicate d'alumine et en fluor, et un acide polyalkénoïque.

Ils possèdent la capacité d'adhérer chimiquement aux tissus minéralisés par des connexions de type ionique entre la structure cristalline polyalkénoate et les ions phosphates et calcium issus de l'apatite lors de l'attaque acide de l'émail. Enfin, ils développent d'excellentes propriétés biologiques ; biocompatibles et libérateurs de fluor assurant une protection contre la carie. Selon une étude de Cacciafesta, *et al.* Les CVI sont capables de relarguer du fluor augmentant la résistance au processus carieux. Ce phénomène serait superficiel, inférieur à 15  $\mu\text{m}$  de profondeur. Les principaux défauts résident dans des propriétés mécaniques insuffisantes et un temps de prise trop long. Cependant, ils représentent à l'heure actuelle le meilleur ciment de scellement orthodontique. [19]

### 2.3. Les matériaux hybrides

Depuis peu, en 1991, un nouveau matériau est apparu, représentant un compromis entre les résines composites et les CVI ; les ciments verre-ionomères modifiés par adjonction de résine (CVI-MAR).

Les CVI-MAR sont des ciments de verre polyalkénoates (composés de verres basiques et d'un polymère acide) auxquels est ajoutée une petite quantité de résine ; le plus souvent des monomères acryliques hydrophiles tels que le 2-Hydroxy-Ethyl- Méthacrylate (HEMA), et parfois l'éthylène glycol ou des dérivés du méthacrylate de glycidyle (Bis-GMA). La réaction de prise est double ; réaction acide-base et photopolymérisation de type radicalaire. L'adjonction de la matrice résineuse permet d'améliorer les propriétés mécaniques de ces matériaux et de diminuer le temps de prise.

Une préparation de surface à l'aide d'un acide polyacrylique est nécessaire au préalable. La résistance de l'assemblage surface dentaire/attache est suffisante et atraumatique pour le tissu amélaire lors de la dépose. De par leur simplicité d'utilisation et leurs performances, ils sont régulièrement utilisés pour les collages sur les métaux précieux et les surfaces en céramique. Il est fort à parier que leur utilisation se généralisera davantage à l'avenir. [19]



Figure 20. Fuji I GC. Kit Intro de Ciment de Verre Ionomère.

### 3. Biomatériaux des brackets

Il existe plusieurs types de brackets qui peuvent être utilisés dans de nombreux traitements. Chacun de ces brackets a des caractéristiques différentes et c'est pourquoi il est important de les connaître. Les attaches orthodontiques ou verroux, brackets en anglais (fig21), sont des dispositifs fixés à chacune des dents d'une arcade pouvant être collées sur une dent ou soudée sur une bague.

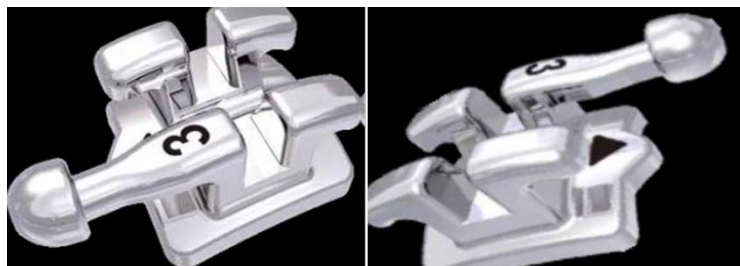


Figure 21. Verroux orthodontiques.

Les brackets sont les matériaux dentaires les plus couramment utilisés dans les traitements visant à corriger les problèmes d'occlusion, l'encombrement dentaire, à combler les écarts entre les dents, à aligner les dents, et bien plus encore... [20]

Un bracket est constitué par un bloc en métal portant une gorge transversale en son milieu dite lumière, il existe plusieurs diamètres de fil selon la forme, (.014, .016, .017x.025, .021x.025 etc.), qui est exprimé en 1/1000 de pouces, un fil .014 correspond à un fil rond ayant un diamètre de 0.014 pouce ou 14/1000 de pouce (0.356mm) tandis qu'un fil .018x.025 représente un fil ayant un diamètre rectangulaire de 0,018 par 0,025 pouce (0,457x0,635mm) et ainsi de suite. Lebracket le plus utilisé est de forme rectangulaire de dimension 022x028

destiné à recevoir des arcs rectangulaires. Il comporte aussi une partie occlusale et une autre gingivale dit plots ou ailettes permettant la rétention de fils de ligature d'acier (de diamètre 0,009 ou 0,010inch) qui maintiendront l'arc au fond de la lumière du bracket. [21]



Figure 22. Constituants du bracket.

Grâce à la pression que les brackets et les arcs exercent sur les dents, ils permettent une correction rapide et efficace de la position des dents.

### Types de brackets

Nous pouvons classer les brackets de deux manières principales : en fonction de la manière dont l'arc est attaché au bracket ou en fonction du matériau du bracket.

#### 3.1. Types de brackets selon le type de fixation

- **Les brackets liés** : L'arc est relié par des ligatures autour des quatre pointes du bracket qui exercent des légères forces permettant aux dents de bouger. Ces ligatures peuvent être métalliques ou élastomériques (colorés ou transparents).
- **Les brackets auto-liés** : Au lieu d'utiliser des ligatures, ils contiennent un clip spécial adapté à l'aide d'une vis pour se fixer à l'arcade.

#### 3.2. Types de brackets selon le matériau

##### 3.2.1. Les brackets métalliques

Les brackets métalliques (fig23) sont utilisés en orthodontie conventionnelle, elles offrent une grande résistance pendant toute la durée du traitement tout en étant plus économiques que les nouveaux matériaux qui apparaissent.

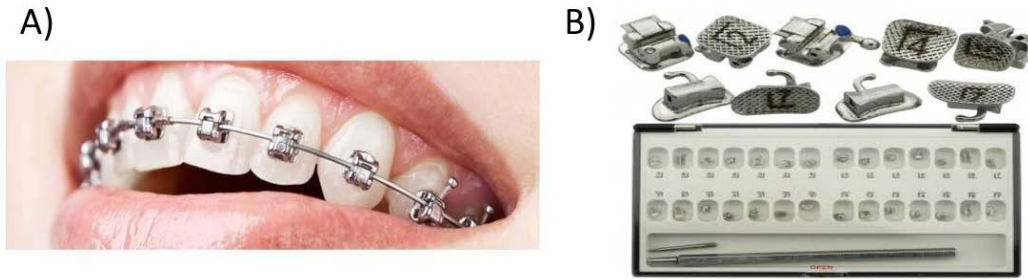


Figure 23. Brackets métalliques. A) Brackets insérés sur les dents d'un patient. B) Coffret de brackets.

### 3.2.1.1. Avantages des brackets métalliques

Résistance élevée de la partie métallique. Ils peuvent être collés autant de fois que nécessaire, Liés et auto-liés, Faciles à nettoyer car les résidus de nourriture ou de saleté sont plus visibles sur les parties métalliques, Traitement à court terme. Ce type de bracket est plus économiques, Si l'on tient compte de la durabilité des brackets, les rois de la comparaison sont les brackets métalliques, car ils sont pratiquement incassables et ne nécessitent que très peu d'entretien. C'est l'un des facteurs qui font de ces brackets les brackets les plus utilisés en orthodontie infantile. Cependant, les brackets en saphir et les brackets en céramique sont déjà très proches des brackets en métal en termes de durabilité, et cela ne devrait pas être un facteur critique lors du choix entre l'un ou l'autre. Les brackets en plastique et les brackets en résine sont très éloignés de tous les produits ci-dessus, car ils sont plus délicats. Il en résulte un risque accru de fracture en milieu de traitement, un inconfort pour le patient et des durées de traitement plus longs.

### 3.2.2. Les brackets en céramique

Les brackets céramiques (fig24) sont très demandés par les patients dans les cliniques d'orthodontie car ils sont plus esthétiques que les brackets métalliques. Ils sont beaucoup moins visibles à l'œil nu et plus confortables car ils n'ont pas tendance à irriter les gencives. Contrairement aux brackets en métal, les brackets en céramique peuvent prendre un peu plus de temps à traiter. Cependant, le type de patient qui choisit ce traitement est plus intéressé par l'esthétique des brackets que par la durée du traitement.

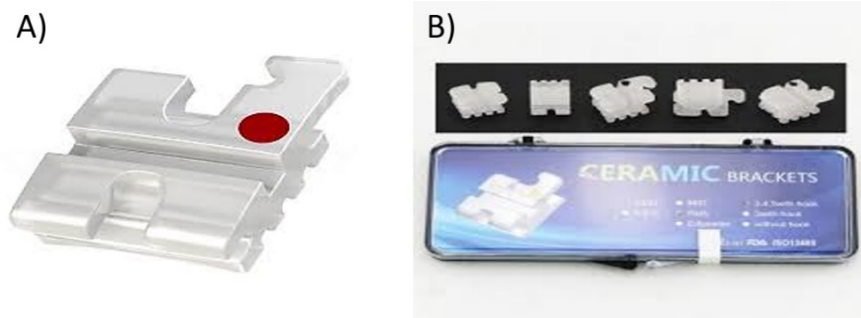


Figure 24. Bracket en céramique (A). B) Coffret de brackets.

La mise en place de ces boitiers est similaire à celle des brackets métalliques.

Les brackets en céramique sont réputés moins résistants et peuvent se casser plus facilement que les brackets en métal. Cependant, ces pièces sont conçues et traitées de manière efficace pour être utilisées dans ce type de procédure.



Figure 25. Brackets céramiques insérés sur les dents d'un patient.

### 3.2.2.1. Avantages des brackets céramiques

Les brackets céramiques sont plus esthétiques et plus discrets, Plus de confort pour le patient grâce à une moindre irritation des gencives, Fabriqués dans un matériau suffisamment solide pour éviter toute rupture. On peut utiliser le fil Latura avec ce type des brackets pour un résultat esthétique majeur.

### 3.2.3. Les brackets en composite

Les brackets en composite(fig26) se caractérisent par leur couleur blanche, qui imite la couleur de la dent naturelle, offrant une grande résistance qui permet tous les mouvements nécessaires. Il s'agit d'une option orthodontique qui satisfait les patients pour lesquels l'attrait esthétique est primordial.

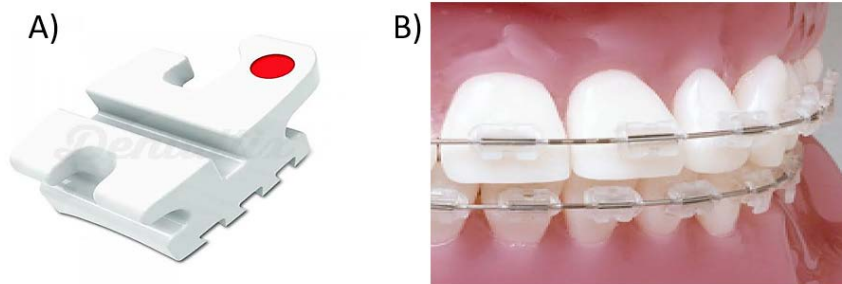


Figure 26. Bracketen composite (A). B) Brackets en composites insérés sur les dents d'un patient.

### 3.2.3.1. Avantages des brackets encomposite

Les barckets composites sont desbrackets orthodontiquesesthétique, en résine et prix abordable.

### 3.2.4. Les brackets en saphir

Les brackets en saphir (fig27) sont actuellement l'une des techniques orthodontiques les plus avancées et sont considérés comme les plus esthétiques. Fabriqués en cristal de saphir, ils ont un aspect transparent qui convainc même les plus soucieux de l'esthétique pendant le traitement. La combinaison de la poudre de zircone et du saphir permet de conserver la transparence caractéristique de ces brackets tout au long du traitement orthodontique. Comment ces brackets sont-ils utilisés ? Après avoir poli le verre pour lui donner une forme arrondie, lisse et confortable pour le patient, les brackets sont posés sur les dents et sont très bien fixés grâce au revêtement en poudre de zirconium qui forme des millions de coupures sous l'adhésif du bracket.



Figure 27. Attaches orthodontiques en saphir.

#### 3.2.4.1. Avantages des brackets en saphir

Elles sont plus esthétiques grâce à sa transparence, l'usure des brackets est réduite, aussi qu'ils tachent moins les autres et très confortables pour le patient.

### 3.3. Recommandations Dentaltix [25]

**Les meilleurs brackets en termes de durabilité :** Si l'on ne considère que la durabilité des brackets, les brackets métalliques sont les brackets du choix, car ils sont incassables et ne nécessitent que très peu d'entretien. C'est pour cela qu'ils sont les plus utilisés en orthodontie infantile. Cependant, les brackets en plastique et les brackets en résine sont très éloignés de tous les autres produits, car ils sont plus délicats. Ils se fracturent alors en cours de traitement, ce qui entraîne une gêne pour le patient et demande beaucoup de temps à l'orthodontiste pour les changer et les réparer.



Figure 28. Brackets métalliques.

**Les meilleurs brackets en termes d'esthétique :** Sur le plan esthétique, ce sont les brackets en saphir qui l'emportent, car ils sont pratiquement transparents. En outre, ces brackets, fabriqués dans un matériau similaire au verre, ne se tachent pas avec le temps et conservent leur esthétique tout au long du traitement. Les brackets en saphir ont une esthétique comparable à d'autres solutions telles que "Invisalign", et il est conseillé de les utiliser avec des brackets esthétiques (de couleur blanche) si l'on veut que le traitement orthodontique passe le plus inaperçu possible. Après ceux-ci, on trouve les brackets en céramique, qui ont une esthétique similaire aux brackets en saphir au début du traitement, mais si le patient ne fait pas très attention à son hygiène et n'évite pas les aliments tels que le café, le thé, etc. ils finissent par s'assombrir au fil des semaines. Enfin, il y a les brackets métalliques, qui doivent être réservés aux traitements où l'esthétique n'est pas une préoccupation majeure pour le patient.



*Figure 29. Brackets céramiques.*

**Les meilleurs brackets en termes de capacité d'adhésion:** Les brackets métalliques sont ceux qui adhèrent le mieux à la surface de la dent. C'est une autre raison pour laquelle ils sont les rois incontestés de l'orthodontie infantile, car ils sont plus difficiles à enlever. Cependant, les brackets modernes en céramique et en saphir sont traités en surface pour obtenir une plus grande rugosité dans la zone de collage.

**Les meilleurs brackets pour le confort du patient :** Au début d'un traitement orthodontique, il est normal que le patient ressente un certain inconfort, car on a introduit dans sa bouche un corps étranger auquel il doit s'habituer. Il n'y a pas de différences majeures dans le confort du patient en fonction du matériau du bracket. La qualité du bracket doit être prise en compte dans cet aspect, car les brackets de qualité ont les bords et les arêtes mieux polis afin qu'ils frottent le moins possible contre la cavité buccale. Donc le design, la forme des brackets surtout aussi les finitions sont les plus importants.

**Les meilleurs brackets en termes d'hygiène bucco-dentaire :** Il est conseillé d'insister sur le fait que le patient doit maintenir une bonne hygiène bucco-dentaire avec n'importe quel type de bracket. Toutefois, les brackets métalliques sont un peu plus permissif à cet égard, car leur couleur foncée dissimule le fait que la ligature peut devenir jaune. Pour les brackets en céramique et les brackets en saphir, le nettoyage doit être beaucoup plus minutieux, car dès que la ligature en plastique transparent commence à jaunir, c'est beaucoup plus visible.



Figure 30. Verroux métalliques.

**Les meilleurs brackets en termes de prix:** Pour les traitements orthodontiques où le prix est un facteur essentiel, les brackets métalliques remportent la palme. Il existe des supports métalliques très bon marché, mais il est très important de s'assurer qu'ils sont d'une qualité minimale et qu'ils disposent de tous les certificats requis pour être commercialisés dans l'Union européenne. Les brackets en céramique sont un peu plus chers, et enfin, les brackets en saphir, les plus chers, principalement pour les traitements où l'esthétique est un facteur crucial

**Les meilleurs brackets en termes de vitesse de traitement :** Si nous cherchons à accélérer le traitement, ce n'est pas tant le matériau du support qui est important, mais sa conception. Dans ce domaine, les brackets auto-liés à faible friction remportent la palme et permettent d'accélérer le traitement de plusieurs semaines. Les brackets auto-liés sont généralement en métal, mais il existe également des brackets auto-liés en céramique. Ces brackets sont légèrement plus chers que les brackets conventionnels, mais en réduisant la durée du traitement, ils permettent au patient d'économiser des visites et du temps pour le praticien, de sorte qu'il vaut souvent la peine de les utiliser.

Le type de bracket à utiliser dépend du traitement et des particularités du patient. C'est pourquoi il est important de connaître les différents types afin de pouvoir proposer des alternatives au patient et de les utiliser au moment le plus opportun.

Les progrès constants dans le domaine des biomatériaux ont permis le développement de nouveaux dispositifs orthodontiques toujours plus performants et esthétiques. Après avoir passé en revue les différents types de biomatériaux utilisés en ODF, il est essentiel de s'intéresser à leur mise en œuvre clinique, en particulier lors de l'étape cruciale du collage des attaches sur les dents. En effet, une technique de collage rigoureuse et maîtrisée est indispensable pour garantir l'efficacité du traitement et le confort du patient tout au long de traitement.

---

**CHAPITRE III : LES TECHNIQUES DE  
COLLAGE**

---

## 1. Notions fondamentales

### 1.1. Principe de collage

Le collage des attaches orthodontiques sur des surfaces variées telles que l'émail sain, la dentine, la céramique, la résine, l'acier, l'amalgame, l'or ou d'autres métaux précieux est une tâche complexe pour les orthodontistes. Les patients adultes présentent des défis supplémentaires en raison des pathologies antérieures et des traitements thérapeutiques qu'ils ont subis. Les prothèses utilisant différents matériaux de reconstruction peuvent rendre le processus de collage encore plus difficile. Les orthodontistes ont été les pionniers dans le développement du collage amélaire, et la dentisterie adhésive a depuis mis au point des protocoles adaptés aux autres surfaces de collage afin d'assurer une adhérence suffisante pour garantir un bon maintien des attaches orthodontiques pendant le traitement. [26]

### 1.2. Mécanismes de l'adhésion

Le collage ou adhésion est l'ensemble des interactions qui contribuent à unir deux corps, dans le but de créer une résistance mécanique à la séparation.

L'adhésion s'explique selon deux modèles principaux :

- Le modèle par ancrage micromécanique, selon lequel la rétention se fait par engrènement (adhésif infiltrant les irrégularités du substrat rencontré) ;
- Le modèle chimique, impliquant la présence de liaisons chimiques. [26]

Pour obtenir une fixation suffisamment solide pour supporter les forces du traitement orthodontique et de la mastication, tout en évitant d'endommager la surface du substrat lors du décollement, il est important de choisir un adhésif qui offre une résistance adéquate tout en restant dans la plage de force de liaison souhaitée.

La force de liaison à la traction souhaitée des attaches métalliques à la structure dentaire nécessaire pour effectuer un traitement orthodontique serait d'environ 6 MPa à 8 MPa. Par conséquent, la force de liaison à la surface ne doit pas dépasser cette limite supérieure. [27]

### 1.3. Notions d'interface

Chaque composant constituant l'ensemble collé crée une interface avec le composant avec lequel il est en contact. Il existe trois composants : le **substrat** (qui est le plus souvent l'émail, mais nous retrouvons le métal, la céramique ou encore la résine composite), la **colle** et l'**attache**.(Fig31)[28]



Figure 31. Coupe longitudinale d'une attache orthodontique B : attache ; C : colle ; S substrat.

Ces trois composants forment deux interfaces : l'interface **colle/substrat** et l'interface **colle/attache**. L'étude de ces interfaces permet d'améliorer considérablement la qualité du collage.

L'interface colle/substrat dépend de la nature et des propriétés de la colle, ainsi que de la nature du traitement de surface du substrat. L'interface colle/attache dépend également de la nature et des propriétés de la colle mais aussi de la nature et du traitement de la base de l'attache, qui sont réalisés par le fabricant. [28]

#### 1.4. Le biofilm salivaire

L'émail, comme toutes les autres surfaces dans la bouche, est recouvert, en temps normal, par un biofilm. Cette pellicule est composée d'une couche amorphe de glycoprotéines et de polysaccharides qui est déposée instantanément par la salive. La pellicule, faiblement attachée à l'émail sous-jacent, fait environ 5 microns d'épaisseur. Elle s'élimine facilement par ponçage prophylactique avant le collage. Elle peut être également éliminée par les acides (acides phosphorique, citrique, polyacrylique). Il est essentiel d'éliminer cette pellicule afin d'exposer la surface amélaire sous-jacente et d'obtenir une liaison avec l'émail puisque la pellicule possède une énergie de surface élevée, qu'elle est amorphe, faiblement attachée et, par conséquent, empêche l'adhésion des colles.

La salive, au contact de l'émail, dépose instantanément ce biofilm qu'un simple rinçage à l'eau ne réussit pas à enlever (Silverstone *et coll.*, 1985). Alors que beaucoup d'études se sont penchées sur le contrôle de l'humidité et sur la contamination par l'humidité, la barrière physique que constitue cette pellicule a une influence autrement plus grande que celle de l'eau ou de l'humidité, surtout en présence de résines hydrophiles. Il est essentiel d'empêcher ce biofilm de se déposer à la surface amélaire mordancée si l'on veut obtenir une union durable avec l'émail. La formation presque instantanée de cette pellicule peut très rapidement boucher les microporosités créées par le mordantage et faire obstacle à la pénétration de la résine. [29,30]

## **2. Le collage sur substrat naturel**

### **2.1. Sur l'émail**

#### **2.1.1. Composition**

L'émail est le tissu le plus minéralisé du corps humain. Pour 96 % son poids est constitué de matière minérale (hydroxyapatite), et 3 % du poids restant sont de l'eau et un peu de matière organique qui est un mélange de phosphate de calcium cristallin et de plusieurs ions.

#### **2.1.2. L'adhésion à l'émail**

Une surface d'émail non traitée est lisse, donc non rétentive, ou couverte de plaque bactérienne, qui empêche tout contact intime d'un matériau avec la surface dentaire. L'émail doit donc être traité.

Les techniques adhésives ont débuté en 1955, lorsque BUONOCORE appliqua de l'acide phosphorique ( $H_3PO_4$ ) sur l'émail et prouva que la modification de la surface ainsi induite augmentait la rétention de pastille d'acrylique sur les dents humaines.

L'adhésion à l'émail est plus liée à la qualité du traitement de la surface qu'à la nature chimique de l'adhésif utilisé. Elle est toujours meilleure que celle à la dentine tant en terme d'étanchéité qu'en terme de valeurs d'adhérence. Il faut toujours la privilégier et la conserver.

L'économie amélaire est garante d'une longévité clinique plus élevée. [31,32]

#### **2.1.3. Préparation de la surface amélaire**

##### **2.1.3.1. Nettoyage initial de la surface amélaire**

Le but du nettoyage préalable de la surface amélaire est d'éliminer les adsorbats salivaires. Pour se faire, trois procédures peuvent être utilisées :

- Passage de la brosette enduite d'un produit abrasif idéalement non fluoré, montée sur contre-angle puis rinçage avec le spray air/eau ;
- Aéro-polissage : c'est la projection de bicarbonate de sodium dans un spray air/eau sous pression puis rinçage avec le spray air/eau pour éliminer les particules de bicarbonates ;
- Aéro-abrasion : c'est la projection de particules d'oxyde d'aluminium sous pression puis rinçage avec le spray air/eau.

##### **2.1.3.2. Mordançage a l'acide [33,34]**

Il va avoir trois actions sur l'émail :

- Au niveau énergétique : augmentation de l'énergie libre de surface de l'émail (doublée), ce qui entraîne une augmentation de la mouillabilité (donc la possibilité de s'étaler) ;
- Au niveau topographique : en raison de la structure prismatique (qui implique la juxtaposition de substances inter et intra-prismatique) en créant des micro-rétentions par dissolution sélective des substances inter et intra-prismatiques ;
- Au niveau perte de substance : de 5 à 10  $\mu\text{m}$  d'épaisseur d'émail.

#### **2.1.3.2.1. Acide orthophosphorique**

L'acide orthophosphorique est l'agent le plus largement utilisé pour conditionner l'émail pour les procédures de collage. Il n'est pas limité à l'orthodontie dans son utilisation. Introduit pour la première fois en dentisterie en 1955 par Buonocore, une concentration de 85 % était initialement utilisée. Les fabricants, cependant, ont réduit ces concentrations à moins de la moitié.

Le protocole actuel pour coller les attaches à l'émail consiste à utiliser de l'acide orthophosphorique à 37 % (Fig32) pendant 30 secondes sur la surface à mordancer puis à rincer. L'acide déminéralise l'émail à des vitesses variables, créant des microporosités et une topographie de surface inégale, permettant une forte adhérence micromécanique.



*Figure 32. Acide orthophosphorique.*

#### **2.1.3.2.2. Acide maléique**

Il s'agit d'un acide organique faible. Dosé à 10 %, il enlève significativement moins d'émail que l'acide orthophosphorique à 37 %, avec une force d'adhésion comparable pour un temps de mordantage équivalent. Il altère cependant la qualité de l'émail.

#### **2.1.3.2.3. Acide polyacrylique**

Les effets de cet acide sur l'émail sont différents. Il ne réalise pas un mordantage : il ne crée pas de rugosités dans l'émail. Il permet la création d'une surface cristalline rétentive avec des cristaux qui se lient fermement à l'émail, produisant ainsi un moyen de rétention mécanique pour la résine. L'acide polyacrylique est essentiellement utilisé pour le conditionnement de la surface amélaire avant le collage par des CVIMAR. L'acide polyacrylique est utilisé à 10 % pendant environ 20 secondes.

### 2.1.3.3. Sablage amélaire (L'air abrasion)

Alors que l'utilisation d'acides permet d'obtenir l'effet de micro-gravure, l'air abrasion, provoque une macro-gravure... Il s'agit d'une préparation mécanique de l'émail. Il a été testé comme une approche relativement conservatrice qui augmente la rugosité de surface sans déminéraliser l'émail. Le sablage consiste à propulser des microparticules d'oxyde d'alumine de 50 microns sur la surface de la dent. Il s'agit d'une préparation mécanique de l'émail. De plus, le sablage permet en un seul geste d'éliminer le biofilm et de préparer la surface amélaire avant le collage. Idéalement, le sablage amélaire se fait sous digue du fait du risque d'inhalation de particules d'alumine. En orthodontie la pose d'un champ opératoire (la digue) n'est pas possible. Cependant, il peut être utile d'isoler le nez de la bouche pour que le patient puisse avoir une ventilation nasale sans inhaler d'alumine. [35]

L'air abrasion est la technique la plus recommandée pour améliorer le collage car l'énergie cinétique des particules en contact d'une surface dure amélaire va permettre la création des porosités donc on aura une micro-porosité de l'émail et la macroporosité créée par l'air abrasion ce qui augmente la qualité de collage.



Figure 33. MicroEtcher® II A (Danville Engineering, Etat Unis).

### 2.1.3.4. Préparation de la surface amélaire au laser

Le traitement au laser ne nécessite ni de rinçage ni de séchage, ce qui est particulièrement intéressant afin de ne pas contaminer les zones préparées avant l'utilisation de colles. L'application du laser permet de conditionner l'émail en entraînant une fusion et une recristallisation de celui-ci. Une surface irrégulière avec des pores est créée, ce qui permet la pénétration du ciment.

Différents types de lasers sont capables de conditionner l'émail pour le collage orthodontique, notamment Nd YAG, CO<sub>2</sub>, Er YAG et ErCs YSGG.

Il y aurait des avantages à l'utilisation de l'énergie laser pour la gravure de l'émail, notamment la réduction de la probabilité d'endommagement de l'émail avec la réduction de la force de décollement nécessaire. Cependant, certains inconvénients, tels que des effets secondaires thermiques indésirables et le développement de microfissures (qui pourraient représenter un point de départ pour des attaques carieuses) sont à noter. Le mordantage au laser (1,5 W) pourrait être une alternative au mordantage à l'acide, puisqu'il engendrerait des pertes amélaire moins importantes tout en procurant une force d'adhésion suffisante. [36]

Actuellement le laser n'est plus un moyen de préparation de surface à cause de la réaction exothermique qui va permettre un dégagement de chaleur qui va causer une cristallisation des hydroxyapatites et la fermeture des porosités donc l'effet inverse de l'effet recherché.

## **2.2. Particularités**

### **2.2.1. Le collage sur une dent incluse**

Le collage de brackets orthodontiques sur une dent incluse peut être un défi pour les orthodontistes. Lorsqu'une dent est incluse, c'est-à-dire qu'elle n'a pas émergé de la gencive, le processus peut être plus compliqué car il peut nécessiter une intervention chirurgicale pour exposer la dent avant de pouvoir coller les brackets. Ce processus est souvent réalisé en collaboration avec un chirurgien buccal.

Les brackets orthodontiques peuvent être collés sur une dent incluse après avoir assuré une hémostase adéquate. Le choix du produit de collage des brackets sur une dent incluse dépendra de divers facteurs, notamment les préférences du praticien, la nature de la surface dentaire et la durabilité requise. Certains produits couramment utilisés incluent les adhésifs à base de résine composite et les systèmes de collage orthodontique spécialement conçus pour une adhérence optimale dans des situations complexes comme les dents incluses.

Le plus efficace dans ce cas est le CVIMAR.

### **2.2.2. Le collage sur une dent atteinte de fluorose**

La fluorose dentaire est une condition qui se produit lorsqu'une personne est exposée à des niveaux élevés de fluor pendant la formation des dents. Cela peut entraîner des taches ou des stries sur l'émail dentaire. Lors du collage des brackets orthodontiques sur des dents présentant une fluorose légère à modérée, il est généralement possible de procéder normalement en utilisant des techniques standard de collage orthodontique. Cependant, dans les cas de fluorose sévère où l'émail est significativement altéré, le processus de collage peut être plus difficile. Les praticiens peuvent utiliser des techniques spéciales pour améliorer l'adhérence des brackets sur l'émail affecté. Cela peut inclure l'utilisation de techniques de préparation de surface supplémentaires ou l'utilisation d'adhésifs orthodontiques spéciaux conçus pour une meilleure adhérence dans des situations cliniques complexes.

On peut donc dans ce cas soit diminuer la durée de l'acide orthophosphorique (etching) au lieu 30 sec, on s'arrête à 15 ou 20 sec, soit diminuer le temps d'exposition de la lumière lors la photopolymérisation de l'adhésif, pour ne pas aggraver l'état de l'email et ne pas créer des sensibilités dentaires en cas fluorose modéré (apparition partielle de dentine). Sinon on préfère le CVIMAR pour éviter tous ces effets indésirables.

### 2.2.3. Le collage sur les leucomes dentaires

Les leucomes dentaires, également appelés taches blanches, peuvent être le résultat de diverses conditions telles que la fluorose, la déminéralisation, ou certaines infections. Lorsque vous envisagez de coller des brackets orthodontiques sur des dents présentant des leucomes, l'orthodontiste utilise généralement des techniques et des produits spécifiques pour assurer une adhésion adéquate. Cela peut inclure l'utilisation de techniques de préparation de surface pour améliorer l'adhérence, ainsi que des agents de collage spéciaux conçus pour maintenir les brackets en place malgré la présence des taches blanches.

Préférentiellement on utilise le 3Mtrans pour les particularités citées au-dessus.

### 3. Le collage sur substrat non naturel

Il est de plus en plus courant de porter des facettes ou des couronnes pour améliorer le sourire, il arrive toutefois que l'utilisation de ces prothèses fixes ne suffise pas à obtenir les résultats souhaités, tant sur le plan esthétique que fonctionnel. C'est pourquoi beaucoup de patients demandent s'ils pourront avoir recours à un appareil multiattache pour obtenir une occlusion correcte, une morphologie optimale et un beau sourire sur ces prothèses conjointes (couronnes, facettes...). (Fig34)

La couronne dentaire est une prothèse fixe ressemblant à une dent, à l'exception que celle-ci est creuse à l'intérieur, par contre les facettes dentaires sont des reconstitutions esthétiques composées d'une fine couche de céramique ou de résine, collée à l'extérieur de la dent. Il est possible de porter l'appareil orthodontique avec des couronnes, l'orthodontiste peut recommander une couronne provisoire durant la durée du port de l'appareil, concernant les facettes et l'orthodontie, il est toujours faisable de les utiliser simultanément, toutefois il convient de préciser la condition d'appliquer un adhésif spécial pour placer les brackets pour ne pas endommager la surface de la facette.



Figure 34. Couronnes, facettes dentaires en céramique.

#### 3.1. Sur résine composite [37]

Le collage des appareils orthodontiques sur des restaurations en résine composite ou des facettes en résine stratifié nécessite une approche soignée et adaptée à ces matériaux spécifiques. Les praticiens doivent être conscients des défis potentiels et prendre les mesures nécessaires pour assurer une adhésion sécurisée tout en préservant l'intégrité des restaurations esthétiques.

Donc il est essentiel de prendre en compte plusieurs facteurs :

- Évaluation de l'état des restaurations : Avant de poser des appareils orthodontiques, il est important d'évaluer l'état des restaurations de ces matériaux. Les praticiens doivent s'assurer que les restaurations sont intactes, bien adhérentes et capables de supporter les forces exercées par les appareils orthodontiques.
- Préparation de la surface : Il peut être nécessaire de préparer la surface de la restauration pour assurer une adhésion optimale des appareils orthodontiques. Cela peut impliquer le nettoyage, le dépolissage ou la modification de la surface pour créer une texture favorable à l'adhésion.
- Choix de l'adhésif approprié : Les praticiens doivent sélectionner un adhésif orthodontique adapté aux restaurations en résine composite ou aux facettes en résine stratifié. Certains adhésifs sont spécialement conçus pour offrir une adhésion fiable sur ces types de surfaces.
- Suivi régulier : Après la pose des appareils orthodontiques, il est important de surveiller étroitement l'état des restaurations en résine composite ou des facettes en résine stratifié pour détecter tout signe de dégradation ou de dommages.

Cependant il faut distinguer une résine composite nouvellement mise en bouche et une ancienne restauration composite existante depuis un certain temps.

Les matériaux composites, qui sont utilisés en dentisterie esthétique, peuvent subir une dégradation due aux interactions mécaniques et chimiques dans la bouche. Contrairement aux matériaux en céramique qui sont connus par leur stabilité chimique et leur inertie dans l'environnement buccal, ce qui signifie qu'ils ne subissent que peu d'altération.

La liaison chimique d'une résine composite à une autre surface de résine composite est rendue possible par les groupes méthacrylate non réactifs, qui se trouvent dans la couche inhibée en oxygène de la résine non polymérisée.

En pratique, plusieurs techniques de préparation de surface ont été proposées pour augmenter la force de liaison des attaches orthodontiques aux restaurations composites existantes.

### **3.1.1. Préparation de surface**

L'obtention d'une liaison durable entre les attaches orthodontiques et un substrat dentaire autre que l'émail peut être un défi. De nombreuses techniques telles que le mordantage, la rugosité de surface et le conditionnement de surface par des agents chimiques ont été recommandés pour augmenter la force de liaison. [37]

- **Le fraisage et l'air abrasion**

Les études montrent que l'utilisation de fraise diamantée et l'air abrasion (fig35) sont toutes deux efficaces pour augmenter la force de liaison. Ces techniques visent à créer une surface rugueuse et à éliminer les contaminants pour favoriser l'adhérence de l'attache orthodontique. [37]

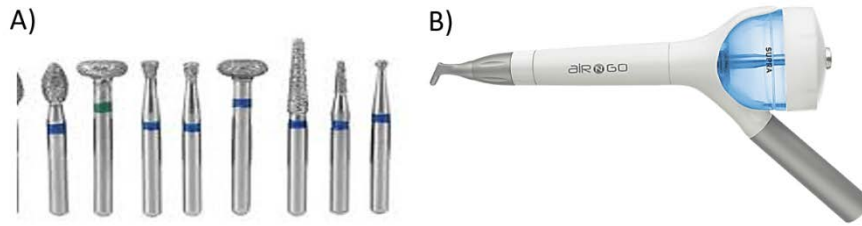


Figure 35. A) Fraises diamantées. B) Air abrasion.

Des études ont montré que le traitement de surface avec une fraise diamantée peut entraîner une force de liaison légèrement plus élevée entre les attaches orthodontiques et les restaurations composites par rapport à l'air abrasion. Cette méthode a été largement étudiée et considérée comme sûre et efficace pour préparer la surface des substrats dentaires non émaillés. Cependant, les valeurs de force de liaison obtenues avec l'air abrasion ne sont pas négligeables et rendent cette méthode tout aussi efficace.

La préparation de surface par fraise diamantée peut entraîner une rugosité mécanique qui peut ne pas être souhaitable dans certaines situations, en particulier lorsqu'il s'agit de résines composites esthétiques hautement polies. L'abrasion excessive de ces surfaces peut entraîner une usure irréversible et compromettre l'esthétique des restaurations.

C'est pourquoi le sablage avec l'air abrasion est souvent privilégié dans ces cas. Il permet de créer une texture de surface adéquate sans compromettre la finition esthétique de ces restaurations. Cette méthode offre un contrôle plus précis de la rugosité de la surface, ce qui peut être particulièrement important lors de la préparation de surfaces sensibles ou esthétiques. [37]

- **Mordançage**

Contrairement à l'émail dentaire, le mordançage classique à l'acide phosphorique n'a aucun effet sur les surfaces de restauration en composite. De même, l'utilisation d'un mordançage à l'acide fluorhydrique est à proscrire. [36, 38]

- **Primer plastique**

Après que le primer (fig36) a été déposé sur la surface composite en bouche, il est essentiel de le laisser sécher complètement pour permettre l'évaporation des solvants. Une fois cette étape terminée, la surface traitée ne doit plus être souillée ni rincée, car cela compromettrait l'efficacité du collage. [36, 39]



Figure 36. Primer plastique.

### 3.2. Sur céramique

Les céramiques sont considérées comme les biomatériaux permettant l'élaboration des restaurations les plus esthétiques, cependant depuis les années 80 l'évolution de ces matériaux a permis la conception de facettes, d'inlays et d'onlays et même des couronnes et des bridges sans armature métallique. Ce sont des matériaux composés à 99% d'oxydes mis en forme par frittage en phase liquide ou solide. [40]



Figure 37. Composition et stratification de la céramique dentaire.

L'adhésion ou le collage des brackets sur des surfaces prothétiques en céramique diffère du collage sur la surface dentaire naturelle par ses propriétés physiques et chimiques (peu résistantes en traction et flexion et très résistantes en compression, une forte dureté et une forte résistance élevée à la haute température de plus ils sont d'excellents isolants électriques et thermiques). Cette adhésion est en fonction de : [40]

#### a. La rétention micromécanique

En 1995, ROULET a publié un article montrant les différents traitements de surface de la céramique permettant d'obtenir une rétention micromécanique du collage.

- Mordançage à l'acide fluorohydrique (fig 38) par l'application d'un gel acide à 9,6%, appliqué pendant 2 à 4 minutes avec une isolation minutieuse de l'aire de travail et un rinçage abondant.
- Suppression de la couche glacée avec une fraise à gros grains.
- Sablage avec des particules d'oxydes d'aluminium (50 m).

Cette étape facilite l'interaction entre un agent silane et la céramique. [40]



Figure 38. Etch gel : gel d'acide fluorhydrico al 9,6 %.

### b. L'adhésion chimique

ZACHRISSON, cité par ROULET et DEGRANGE (2000), conseille l'utilisation d'un agent de collage silanique pour favoriser une adhésion à la fois chimique et mécanique. Le silane va réagir avec la silice contenue dans la céramique et avec les composés organiques de la résine de collage pour former des liaisons covalentes et hydrogène. Au cours du processus de collage, les molécules de silane s'orientent parallèlement à la surface de la céramique et la rendent hydrophobe et organophile. L'hydrophobie protège les surfaces de céramique de la dégradation hydrique, alors que l'organophilie facilite le mouillage de la résine.

L'application du silane sur la surface de la céramique doit être effectuée par l'apposition successive de plusieurs couches, afin d'obtenir des orientations moléculaires différentes, augmentant la rétention. [40]

#### • Protocoles

- Nettoyage du substrat à la ponce pendant 10 secondes ;
- Rinçage ;
- Mordançage à l'acide fluorhydrique pendant 2 à 4 minutes Porc-Etch ;
- Aspiration et rinçage ;
- Application successive de plusieurs couches de silane Porcelain, Conditionner TP avec un temps de latence de 1 minute pour permettre son évaporation ;
- Séchage pendant 30 secondes.

#### • Collage au composite

- Appliquer une couche de liquide orthodontique ;
- Séchage 5 secondes ;
- Photopolymériser avec une lampe halogène pendant 20 secondes ;
- Placer le bracket chargé de composite ;
- Éliminer les excès et photopolymériser 45 secondes.

#### • Collage au CVI-MAR

- Placer le bracket chargé de CVI-MAR ;

- Éliminer les excès et photopolymériser le temps imparti.

CHUNG et coll (1999) cité par ALTOUNIAN (2000) effectuent dans une étude des tests de cisaillement, en collant des attaches orthodontiques avec le Concise (3M unitek) et le Fuji Ortho LC (GC) sur des disques en céramique. Le protocole de collage est celui que nous venons de décrire. Les résultats obtenus montrent une résistance de 15,79 MPa pour le concise et de 18,47 MPa pour le Fuji Ortho LC. Nous pouvons en conclure que l'adhésion au CVI-MAR est plus performante qu'avec le concise.[36, 40]

### 3.3. Sur acier ou alliage non précieux

Plusieurs grandes classes d'alliages peuvent être distinguées : les alliages à base de nickel et de chrome, les alliages à base de cobalt et de chrome et les alliages à base de titane. Pour ces alliages non précieux, les principaux constituants sont donc le nickel, le chrome, le cobalt et le titane. Pour l'orthodontiste, les alliages de titane ne sont pas rencontrés en bouche comme substrat de collage, car ils sont généralement utilisés pour les infrastructures en prothèse adjointe ou conjointe. Cependant, il existe pour les personnes allergiques aux alliages où certains métaux des attaches orthodontiques en titane ou alliage de titane. Le collage est alors mécanique ou micro-mécanique pour cette interface, et n'est en grande partie que fabricant dépendant. Par ailleurs, les alliages non précieux possèdent des oxydes de nickel ou de chrome en surface qui permettent une liaison avec les monomères résineux.[42]

Cependant, il est nécessaire de préparer la surface de ces couronnes avec différentes étapes :

- 1) **Micro-sablage de la surface à coller** : le micro-sablage a pour but l'éviction du biofilm et d'une partie de la couche superficielle qui recouvre la prothèse. L'acier prend alors un aspect mat, dépoli. Les oxydes de surface permettent une liaison avec les monomères résineux, il est contre-indiqué de les éliminer. Le sablage peut donc sembler contre indiqué. On le pratique afin d'éliminer les dépôts biologiques qui recouvrent la surface de la couronne et qui agissent comme un film isolant. Le sablage pose le même problème ici qu'avec la céramique car il est bien difficile de repolir les métaux en bouche. La technique linguale est ici plus simple, dans la mesure où l'aspect esthétique des surfaces linguales est moins visible. Le micro-sablage a le mérite d'augmenter la surface de contact avec les matériaux d'assemblage et de créer des micro rétentions, mais il s'avère nécessaire de lui adjoindre des traitements chimiques pour optimiser la durabilité de l'assemblage.[42].
- 2) **Mise en place d'un primaire métal** : comme le principe du silane, le primaire métal (fig 39) crée un lien chimique entre le métal et l'adhésif. Les primaires d'adhésion vont tenter, d'une part, de constituer des liaisons avec la surface de l'alliage, principalement au niveau des atomes de Cu et d'Ag et, d'autre part, de se lier à la colle. Ces molécules peuvent contenir différents types de groupements fonctionnels : groupements thiols, phosphates, phosphonates, etc.[36, 42]. Une fois déposé sur la couronne métallique, le primer doit être séché afin d'évaporer les solvants. Cette

surface ne doit plus être souillée, ni rincée. Elle est prête pour le collage[36]. Il existe deux types de primaires : les primaires spécifiques au métal ou à l'alliage, et les primaires « *Allbond* » qui s'adaptent à un plus grand nombre de types de surfaces, donc plus simple d'utilisation.



Figure 39. Reliance Metal Primer.

### 3.4. Sur amalgame

En raison de leur durabilité et de leur coût relativement bas. L'amalgame est un matériau de restauration dentaire qui a été largement utilisé pour ses propriétés de résistance à l'usure et à la corrosion. Dans 50 à 85 % de la population, est retrouvée au moins une restauration à l'amalgame qui est cliniquement acceptable.

Les orthodontistes peuvent rencontrer des difficultés à coller des attaches orthodontiques sur des surfaces d'amalgame. Le remplacement de l'amalgame par un composite est une solution courante mais peut produire de la vapeur de mercure. Cette vapeur est toxique et entraîne inévitablement une plus grande destruction de la structure dentaire.

#### 3.4.1. Préparation de surfaces

Il est intéressant de noter que la rugosité de surface de l'amalgame peut jouer un rôle important dans la force de liaison des attaches orthodontiques. Les études ont montré que cette rugosité peut influencer l'efficacité du collage, et qu'une surface plus rugueuse peut offrir une meilleure adhérence. [36]

- **Sablage à l'air abrasion** : utilise une sableuse avec de l'oxyde d'aluminium de 50 µm (diamètre de 50 microns) pour obtenir une rugosité de surface optimale (fig40), il provoque un microclavetage de la surface qui augmente l'aire de collage et favorise la rétention micromécanique, renforce l'adhésion chimique entre l'agent de couplage et la couche d'oxyde rétention micro-mécaniques.[43]



Figure 40. Microblaster dentaire en oxyde d'aluminium (alumine-polisseuse-par l'air Abrasion -Microetcher-sablage).

- **Fraise diamantée** : des tests ont montré que l'utilisation de fraises diamantées pour créer une rugosité de surface a abouti à des forces de liaison plus faibles par rapport à l'utilisation d'une sableuse. Cela peut être dû à la nature de l'amalgame et à sa composition chimique, qui peuvent réagir différemment à ces deux méthodes de préparation de surface. [37, 43]
- **Le laser Er YAG** : des études in vitro ont montré que le traitement au laser Er YAG peut constituer une alternative appropriée pour la préparation de surface de l'amalgame avant le collage. Cette méthode offre une manière contrôlée et précise en créant des rayures en forme de cratère de 100  $\mu\text{m}$  de diamètre, ce qui peut potentiellement améliorer l'adhérence des attaches orthodontiques (Laser 1,5W pendant 15s). [37, 43]
- **Metal Primer** : la préparation de surface est complétée par l'application du primer métal comme pour le métal. [36]

#### 4. Le collage direct

Le collage direct des brackets orthodontiques est une technique couramment utilisée en orthodontie. Elle a été décrite pour la première fois en 1965 par Newman. Cette méthode consiste à fixer les brackets individuellement d'une manière directe sur les dents du patient, sans l'utilisation de guide de transfert.

##### 4.1. Matériels et matériaux nécessaires

Le plateau technique du collage direct des brackets en orthodontie est généralement composé d'une variété d'instruments et de fournitures nécessaires à la procédure. Il est important de noter que le choix des instruments et des matériaux peut varier en fonction des préférences du praticien orthodontiste et des besoins spécifiques du patient. Parmi les éléments typiques qu'on retrouve dans un plateau technique, nous pouvons citer quatre catégories.

##### 4.1.1. Outils de préparation

- Des miroirs intra-oraux sont utilisés pour une visualisation précise (fig41. A) ;
- Un aspirateur sert à maintenir la zone du travail sèche ;

- Un détartreur ultrasonique est déployé pour éliminer la plaque et les résidus. Alternativement, une brosse prophylactique peut également être utilisée pour nettoyer les dents ;
- Des brosses et une pâte à polir prophylactique sont utilisées pour préparer la surface de la dent par polissage (fig. 41. C) ;
- Un éjecteur d'air et d'eau sont employés pour le nettoyage et le séchage. De même, le séchage peut être réalisé à l'aide d'un séchoir dentaire à air chaud.
- Un écarteur de joue réglable est employé pour générer des forces buccales et distales, afin d'avoir un meilleur accès aux dents postérieures lors de la pose directe des brackets (fig41. B). [44]

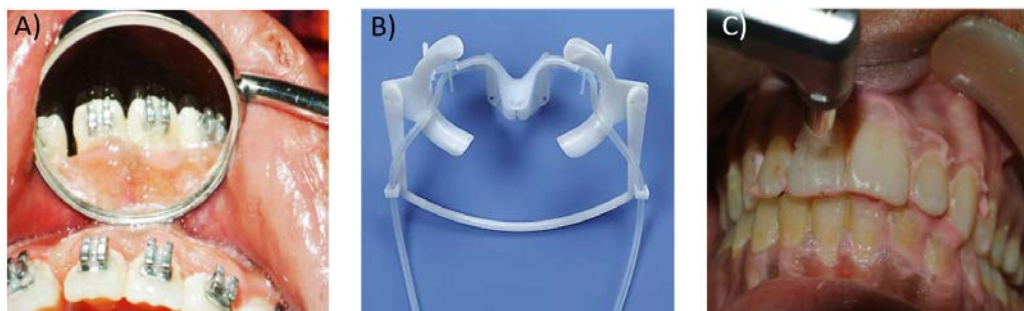


Figure 41. A) Miroir intra oral. B) Ecarteur. C) Polissage prophylactique.

#### 4.1.2. Outils du positionnement

- **Jauges de positionnement**

Les jauges de positionnement sont utilisées pour garantir la précision verticale des brackets sur les dents. Deux types sont couramment utilisés : les jauges en forme d'étoile, appelées aussi « jauges Boone » (fig42. A) et les jauges en forme de tige droite, nommées également « BracketHeight Jauge et jauges Dougherty » (fig42. B). Ces jauges possèdent des bras de maintien pour faciliter le positionnement : un bras de soutien dentaire reposant sur la surface incisive ou occlusale de la dent, ainsi, qu'un bras de soutien de la fente qui placé dans la fente du bracket [45].

- **Outils alternatifs d'orientation verticale des brackets**

- Une jauge en fente verticale ou une "baguette" jetable pour mesurer la distance entre le bord incisif du bracket et le bord incisif ou à la cuspide de la dent (fig42. C) ;
- Un ruban de mesure jetable est également utilisé pour mesurer la distance entre le bord incisif du bracket et le bord incisif ou à la cuspide de la dent. Les deux dispositifs sont fixés directement sur la surface faciale de la dent pour réduire les erreurs de rotation. [45]



Figure 42. A) Jauge Boone. B) Jauges Dougherty. C) Baguette jetable.

#### 4.1.3. Outils du collage

- Un agent mordant comme l'acide orthophosphorique, en cas de besoin d'un mordantage au préalable ;
- Des adhésifs photopolymérisables,
- Une colle orthodontique;
- Des brackets orthodontiques. Il existe des brackets préenduits d'adhésif photopolymérisable qui améliore l'efficacité de la pose directe, offre une épaisseur équivalente de la couche d'adhésif sur tous les brackets, avec moins de retrait d'excès lors de la pose, et donc l'opération nécessite un temps réduit sur le fauteuil. [46]



Figure 43. Etching, bonding, composite flow.



Figure 44. Brackets orthodontiques.

#### 4.1.4. Accessoires

- **Lampe LED**[47]

L'utilisation d'une lampe LED émettrice de la lumière ultraviolette est essentielle pour amorcer le processus de polymérisation, en assurant un bon durcissement et qualité de collage. L'utilisation des lampes UV sont moins courantes car elles émettent des longueurs d'onde courtes au-dessous de 300. Cette lumière est particulièrement énergétique et peut être nocive pour les tissus mous et les yeux. Cependant, elle est nécessaire dans certains cas pour assurer une polymérisation complète et efficace surtout pour les matériaux épais.

Il existe des lampes LED polymérisantes spécialement conçues pour l'orthodontie de haute précision émettant de la lumière bleue (380 à 500 nm). Elles sont généralement plus

petites et plus maniables. Ces lampes sont efficaces pour activer la polymérisation permettant ainsi, une fixation solide, rapide et contrôlée des brackets.

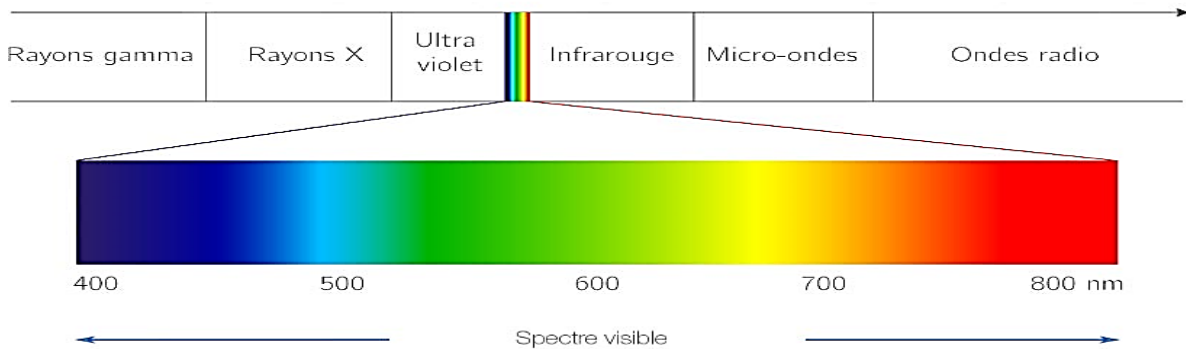


Figure 45. Lumière bleue du spectre visible dont les longueurs d'onde vont de 380 à 500 nm.

- **Radiomètre**

Le radiomètre (fig48) est un testeur de polymérisation permettant de mesurer l'intensité de la lumière pour garantir le bon fonctionnement de la lampe et le processus de polymérisation. L'appareil utilise un capteur sensible pour mesurer la quantité de lumière émise par la lampe en unités de milliwatts par centimètre carré ( $mW/cm^2$ ). Un bon contrôle de lumière incidente conduit à une bonne polymérisation et un durcissement optimal. [48]

- **Un filtre de protection**

Fabriqué à partir d'acrylique translucide est un composant essentiel des lampes LED. La lampe émettant une lumière intense dans le spectre bleu peut être nocif pour les yeux. Le filtre de protection (fig47) réduit l'exposition à cette lumière bleue intense, minimisant ainsi le risque de dommages oculaires.

- **Lunettes de protection dentaire**

Les lunettes de sécurité pour patients dentaires sont des équipements essentiels utilisés pour protéger les yeux des patients pendant les procédures dentaires. Elles sont généralement en polycarbonate, un matériau léger et résistant au choc, qui offre une excellente clarté visuelle. Ces lunettes protègent contre les éclaboussures, les débris et l'exposition à la lumière intense des lampes LED.

- **Applicateur d'adhésive**

Un applicateur d'adhésive peut être utilisé pour un meilleur contrôle de la quantité et l'emplacement de l'adhésif appliqué. [49]

- **Vernis fluoré(fig49)**

Une application immédiate du vernis fluoré après les procédures de pose directe réduit les lésions de déminéralisation de l'émail. Une couche fine de vernis est appliquée sur la surface des dents adjacente aux brackets, à l'aide d'un applicateur en éponge. [49]

- **Porte brackets et des pincettes**



Figure 46. Lampe polymérisante.



Figure 47. Filtre de protection.



Figure 48. Radiomètre a LED.



Figure 49. Vernis fluoré.

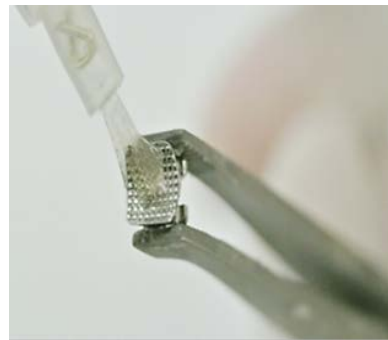


Figure 50. Porte brackets.

## 4.2. Protocole opératoire

Dans un premier temps, la préparation de la surface dentaire est réalisée. La surface amélaire est polie. Ensuite, un mordantage à l'acide orthophosphorique est appliqué pendant 15 à 30 secondes pour créer une texture microscopique fiable. Cette opération est suivie d'un rinçage et un séchage jusqu'à l'obtention d'un aspect blanc crayeux.

L'adhésif est ensuite posé sur la surface amélaire bien séchée et isolée. Ensuite, une photopolymérisation est réalisée. Puis, la colle est appliquée sur la base de la bracket orthodontique. Celle-ci est positionnée sur la dent en fonction de l'anatomie radulaire et coronaire. Les excès de colle sont éliminés à l'aide d'une sonde dentaire. Il est essentiel de retirer cet excès car il peut agir comme une zone potentielle de rétention de plaque, et entraîner une irritation gingivale. Ainsi, des lésions blanches peuvent être développées. Enfin, la photopolymérisation est réalisée en assurant une fixation solide des brackets sur les dents.

L'application de vernis fluoré après les procédures de pose directe réduit les lésions de déminéralisation de l'émail. Après la polymérisation des brackets et pendant que les dents sont encore sèches, une couche fine de vernis est appliquée sur les surfaces des dents adjacentes aux brackets à l'aide d'un applicateur en éponge. [37]

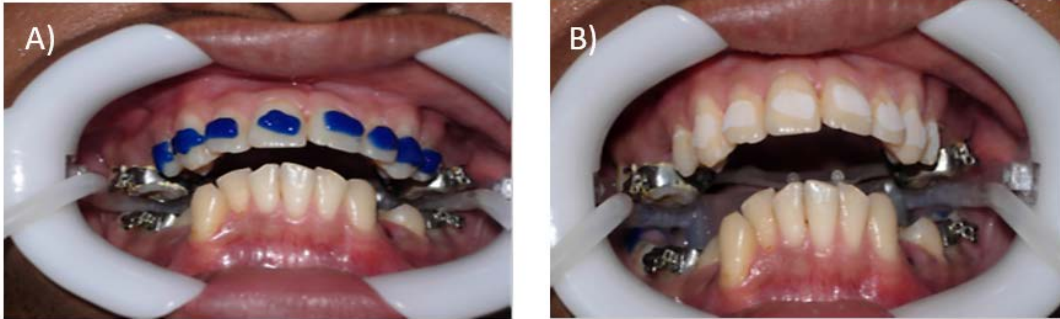


Figure 51. A) Mordançage à l'acide orthophosphorique. B) l'aspect blanc crayeux après séchage.

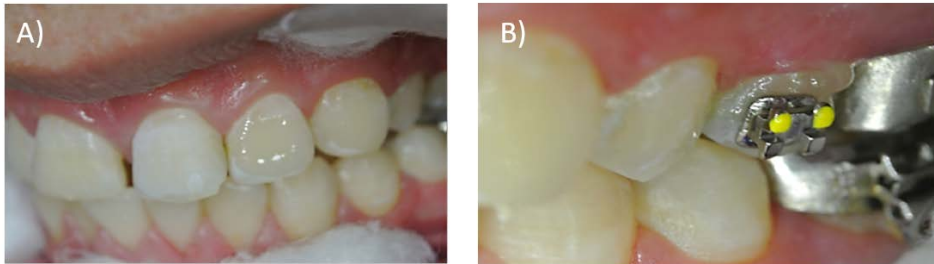


Figure 52. A) Application de l'adhésif. B) Collage du bracket avec la colle.

### 4.3. Technique de collage direct et emplacement des brackets

Le bracketage précis en collage direct exige l'isolation, l'accès et la visualisation de la zone, et évidemment, un placement séquentiel en plaçant les brackets un par un. Des jauges de positionnement sont utilisées pour garantir la précision de la fixation verticale des brackets sur les dents.

Positionner correctement la jauge pendant le placement du bracket est crucial. La jauge doit être maintenue en angle droit pour que la vision de l'orthodontiste soit également en angle droit par rapport à la jauge. D'ailleurs, avant l'application de l'adhésif, on peut utiliser un marquage préalable de la position prévue.

Avant de procéder à la polymérisation, si le bracket n'est pas parfaitement positionné, une vérification visuelle et un ajustement au besoin sont cruciaux.

L'amélioration des compétences et la précision dans le placement des brackets de développent avec l'expérience et la formation continue en participant à des cours d'orthodontie.

#### 4.4. Avantages et inconvénients de collage direct

- **Avantages**

Parmi les techniques de collage des brackets, la technique directe est la plus utilisée en raison des avantages suivant :

- Réduction du nombre de rendez-vous : le collage direct permet de réduire le nombre d'étapes du processus orthodontique, ce qui peut réduire le temps nécessaire pour terminer le traitement ;
- Moins chère : la technique directe est plus rentable que les autres techniques de collage, en réduisant le cout de la main d'œuvre ;
- Offre une meilleure précision. [50]

- **Inconvénients**

- Inconfort des patients : en passant plus de temps sur le fauteuil dentaire, les patients sont généralement plus fatigués et plus stressés ;
- Accessibilité et visualisation : si la dent n'est pas clairement visible, il est impossible de placer correctement un bracket direct ;
- Précision : le placement précis des brackets en secteur postérieur peut être plus délicat et nécessite donc des compétences et une attention particulière ;
- Possibilité d'erreurs : en l'absence de guides spécifiques, des défauts inhérents à la dextérité manuelle peuvent se produire. Le risque d'erreurs dans le positionnement des brackets peut être plus élevé, surtout pour les praticiens moins expérimentés.
- Gêne liée à la salive : maintenir une surface sèche pendant le collage peut être difficile, surtout chez les patients ayant une hypersialie. [50]

#### 5. Le collage indirect

##### 5.1. Définition

Le collage indirect est une technique utilisée en orthodontie permet de poser tous les brackets en utilisant une gouttière de transfert au lieu de les coller un par un en méthode directe, en optimisant le temps au fauteuil ainsi que le confort du patient. Donc c'est un collage en deux temps : il y a un temps de laboratoire pour le positionnement des attaches et la confection des gouttières de transfert (nécessite donc la prise d'une empreinte préalable à l'alginat), et un temps au fauteuil pour le transfert des attaches. [51]

##### 5.2. Matériels nécessaires

###### 5.2.1. Matériel de prise d'empreinte

Alginat, bol et spatule, et porte-empreintes adaptés (fig53)

## 5.2.2. Matériel de coulée

Plâtre ou silicone, bol et spatule / vibreur

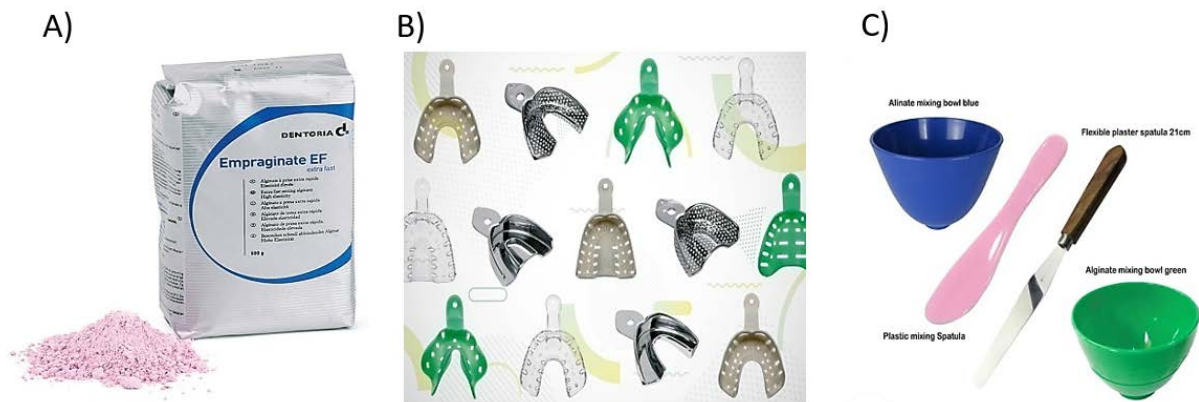


Figure 53. Matériel à empreintes à l'alginate. A) alginate. B) porte-empreintes. C) bols et spatules.

## 5.2.3. Matériel de Positionnement manuel [52]

- Les marqueurs verticaux (noir) : crayon gravite mine noir 0.3mm
- Les marqueurs horizontaux (rouge) : crayon gravite mine rouge 0.5mm, une règle millimétrée, un compas, un stylomine jauge avec pointe fine pas trop dure 7/10e d'épaisseur.

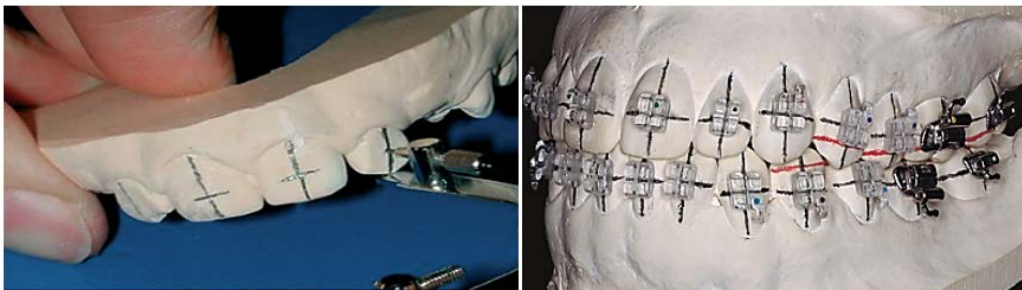


Figure 54. Positionnement des attaches sur les modèles.

## 5.2.4. Moyens de collage

### 5.2.4.1. Les colles hydrosolubles

CHABRE et BASSIGNI (1985) utilisent la colle Unitek qui a un temps de prise de 15 minutes ce qui laisse un temps suffisant pour déplacer le bracket sans inconvénients, la colle étant hydrosoluble elle s'élimine à l'eau froide, mais les excès de colles devront être éliminés au scalpel. il faudra attendre 30 minutes avant de réaliser la gouttière. [53]

### 5.2.4.2. Lescolles non solubles biocompatibles

#### a. Autopolymérisable[54, 55, 56, 57]

Mauchamp et Girard préconise l'emploi de Concice® de 3M comme composite orthodontique chémopolymérisable pour le collage des attaches sur le modèle en plâtre.

Thomas (2007) prescrit l'utilisation de Concice® ou le dyna-Bond®

Kalange (2007) propose Phase II® Reliance comme système pate/pate chémopolymérisable

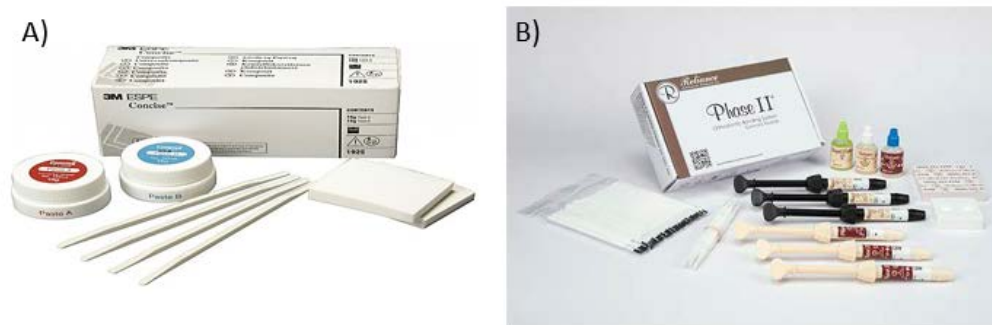


Figure 55. A) Concice® de 3M. B) Phase II® Reliance.

#### b. photopolymérisable[57, 58]

Mccrostie (2003) utilise le composite EnlightLV®Kalange (2007) propose le Light Bond® d'Ormco

#### c. Thermopolymérisable [56, 59]

Moskowitz (2007) utilise le Therma Cure® Reliancequi durcit en 15 minutes à 325°C avec un temps de travail illimité.

### 5.2.4.3. APC bracket

Ils sont des attachespréencollées (préchargés par le laboratoire avec une résine liquide photopolymérisable). [54, 57]

### 5.2.5. Gouttière de transfert

#### a. Les gouttières thermoformées : soit simples en monocouche (fig56.A) ou double gouttière thermoformée (fig56. B)

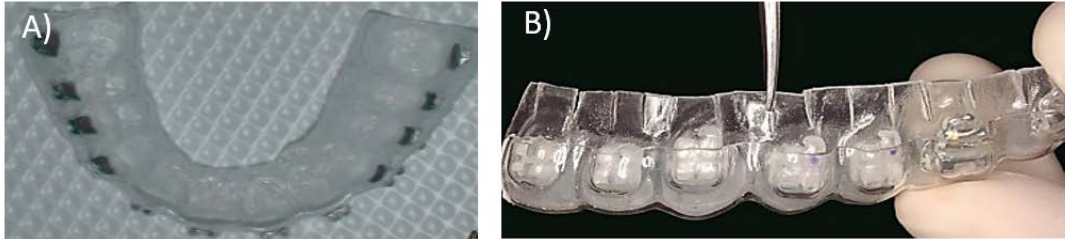


Figure 56. A) Gouttière monocouche thermoformée. B) Double gouttière.

- b. Gouttières à base de silicone en vinyl-poly-siloxane :** opaque ou transparent (fig57) selon le type de colle utilisée, la silicone opaque sera utilisée avec une colle chémopolymérisable et le transparent en cas d'utilisation de colle photopolymérisable. [60]



Figure 57. Gouttière de transfert en silicone transparent.

- c. En 3 couches :** silicone léger, lourd et matériau thermoformé.[54]  
**d. En résine :** ex : Gouttière de Triad® de Dentsply.[61]  
**e. Unitaire en composite ou résine ou silicone :** Ex Gouttière triad light-cure acrylic ® (Dentsply).[62]  
**f. Mixtes :** silicone + matériau thermoplastique et composite de collage thermopolymérisable. [59]

### 5.3. Protocoles opératoires [63]

Les étapes sont les suivants :

#### 1) Prise d'empreinte

On prend une empreinte des dents du patient avec un matériau d'empreinte dimensionnellement stable comme l'alginate.

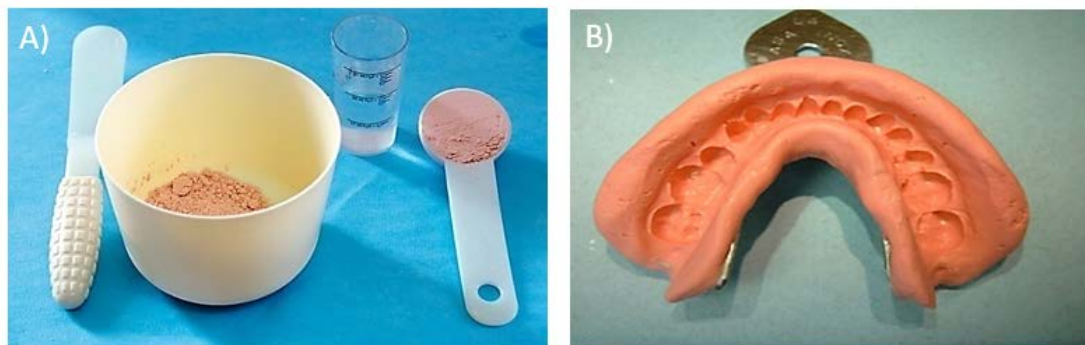


Figure 58. A) Matériel de préparation d'empreinte en alginate. B) Prise d'empreinte en alginate.

Il est possible de faire une prise d'empreinte avec caméra optique et impression du moulage par Imprimante 3D avant positionnement classique comme un collage indirect conventionnel.

## 2) La coulée des empreintes

On fait la coulée en plâtre ou silicone (fig59).

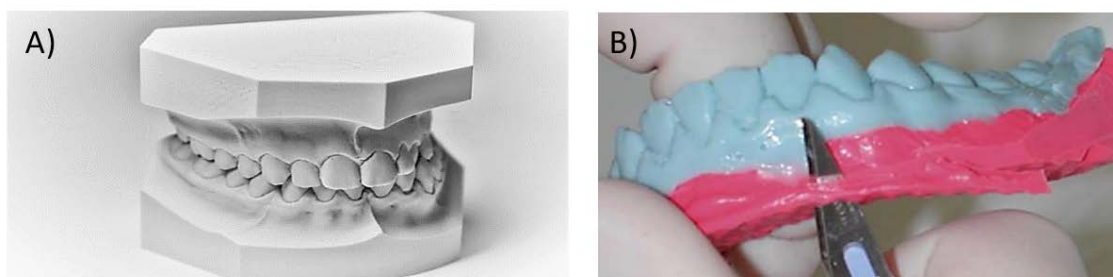


Figure 59. A) Modèle en plâtre. B) Modèle en silicone.

## 3) Positionnement des attaches sur les moulages

Il est possible de placer les attaches orthodontiques manuellement.

Les critères en indirect sont les mêmes qu'en collage direct avec une valeur d'angulation selon l'axe de la dent, une valeur d'inclinaison selon la hauteur de collage et le centrage mésio-distal selon le bombé de chaque dent.

Kalange en 2007 [64] a utilisé des marqueurs horizontaux et verticaux :

- Marqueurs verticaux : Il est important de marquer l'axe de la dent en noir pour aider au positionnement précis de l'attache. Cette marque peut être basée sur un bilan radiographique ou une évaluation de l'anatomie radicaire pour assurer un positionnement optimal.
- Marqueurs horizontaux : Ils sont marqués en rouge et peuvent être définis selon des calibres prédéfinis à l'aide d'une jauge.

#### 4) Collage des attaches orthodontiques sur le modèle

Après le positionnement prédéfini, il faut solidariser l'attache orthodontique au modèle en plâtre, afin de reporter en bouche la position avec le plus d'exactitude possible grâce à une gouttière de transfert.

Une couche d'isolant est déposée sur le modèle en plâtre.



Figure 60. Photo montrant l'application d'une couche d'isolante.

Les attaches orthodontiques sont repositionnées sur le point choisi et une vérification de la position est effectuée. Enfin une colle hydro-soluble, ou non hydro-soluble ou une attache préencollée permet de stabiliser les attaches orthodontiques sur le modèle.

L'épaisseur du matériau de collage doit être supérieure à l'espace entre la dent et la base de l'attache orthodontique afin que la colle soit comprimée par la gouttière.



Figure 61. Bracket placé et durci sur le modèle dentaire.

#### 5) Gouttières de transferts

Une fois les brackets sont placés sur le modèle, on passe à la réalisation de la gouttière par une plaque thermoformée à l'aide d'une thermoformeuse.

Cette gouttière doit être précisément ajustée au moulage afin d'exercer une pression horizontale à la surface dentaire. [54]

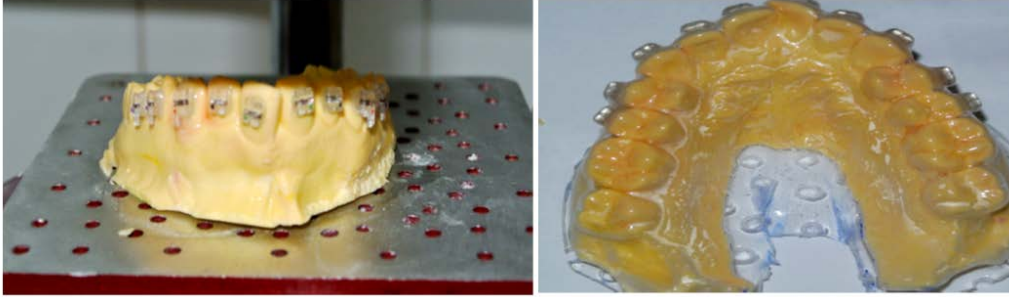


Figure 62. Gouttière de transfert.

## 6) Collage en bouche

Le protocole de collage est le suivant :

1. L'essayage de la gouttière ;
2. Le dégraissage à l'acétone de la gouttière est important pour assurer une bonne adhérence de la colle aux dents ;
3. Le nettoyage des surfaces de collage est crucial pour éliminer toute trace de débris ou de plaque, ce qui garantit une adhérence optimale de la colle ;
4. La siccité du champ opératoire est essentielle pour maintenir les surfaces de collage propres et sèches pendant la procédure ;
5. Le micro-sablage des bases des attaches est une étape importante pour créer une surface rugueuse qui favorise l'adhérence de la colle ;
6. L'application de l'agent de liaison sur l'émail et sur la face interne de l'attache est cruciale pour assurer une liaison solide entre la dent et l'attache ;
7. La polymérisation correcte de la colle est nécessaire pour garantir sa solidification complète ;
8. L'élimination des excès de colle et le contrôle de l'occlusion sont des étapes finales importantes pour s'assurer que les attaches sont bien fixées et que l'occlusion du patient n'est pas perturbée.



Procédure de collage à l'aide d'un couple adhésif hydrophile (Orthosolo<sup>®</sup>) plus un composite fluide (Transbond LV<sup>®</sup>).  
**A.** Nettoyage des surfaces dentaires à l'aide d'une brosse à dents enduite de pâte de nettoyage (ponce plus eau).  
**B.** Après le rinçage et le séchage, application de l'acide phosphorique à 35 % pendant 15 à 30 secondes.  
**C.** Aspiration de l'acide de mordantage, rinçage et séchage des surfaces dentaires et de tout l'environnement de collage et vérification de l'aspect blanc crayeux de l'émail.  
**D.** Mise en place de l'adhésif sur les surfaces de collage et évaporation du solvant de l'adhésif à l'aide d'un spray à air.  
**E.** Mise en place du composite fluide sur les talons de composite. Un grain de semoule est suffisant.  
**F.** Mise en place de la gouttière en appliquant une pression sur chaque attache.  
**G.** Polymérisation selon le temps recommandé par le fabricant : 10 secondes par attache. Commencer par l'extrémité de l'arcade d'un côté.  
**H.** Photopolymérisation de l'autre extrémité de l'arcade.

Figure 63. Procédure de collage indirect d'après le Dr L. Hitmi 2012 [65].

#### 5.4. Avantages et inconvénients du collage indirect [66, 67, 68]

##### 5.4.1. Les avantages

- Confort du patient et du praticien ;
- Meilleure précision dans le placement des attaches, notamment dans les secteurs postérieurs où l'accès et la vision sont limités, reproductibilité ;
- Gain de temps au fauteuil pour le praticien, et rendez-vous programmés ;
- La contamination des surfaces dentaires préparées par l'humidité est moindre ;
- Permet le respect du parodonte affaibli et évite les résorptions radiculaires en diminuant les mouvements de va et vient liés aux imprécisions de collage ;
- En collage lingual : indispensable car on perdrait en précision et en étanchéité avec la langue omniprésente, le collage serait très long.

##### 5.4.2. Les inconvénients

- Gestion du laboratoire et temps de travail total ;
- Difficulté de contrôle du travail de laboratoire par le praticien ;
- Coût supérieur (travail de laboratoire, matériel coûteux) ;
- Gestion des rendez-vous : Les empreintes avant le collage indirect ne doivent pas être prises trop en avance, sinon il pourrait y avoir un manque d'adaptation des gouttières de transfert. En effet, chez les adolescents, il est recommandé de ne pas excéder 2 semaines entre le moment de la prise d'empreinte et le collage. Dans les cas avec

extractions, les dents ne peuvent pas être extraites avant le collage. De même les dents en cours d'éruption doivent être prises en compte ;

- Nécessité d'un très bon champ opératoire ;
- Nombreux échecs observés dès la dépose de la gouttière de transfert (liés à l'utilisation d'un modèle en plâtre, de son isolation par un vernis, de l'emploi de système de transferts non performants et l'absence de matériaux de collage adaptés).

## 6. Apport de l'informatique sur les techniques de collage [69, 70, 71]

L'arrivée du numérique a bouleversé la pratique de l'orthodontie en faisant évoluer chaque secteur d'activité. Le numérique permet aujourd'hui une fluidification du flux de soin depuis la gestion des données du patient jusqu'à un diagnostic plus précis débouchant sur des traitements individualisés dans leurs choix et dans leurs méthodes. Cet apport informatique malgré qu'il puisse soulever des doutes face au coût qu'il représente il reste toujours un moyen qui permet d'augmenter la fiabilité et la reproductibilité des traitements et même de nouvelles méthodes comme les gouttières d'alignement. Le numérique, sous tous ses aspects, a permis aux orthodontistes de perfectionner leur diagnostic et leurs traitements en se dirigeant vers des solutions sur mesure de plus en plus performantes.

### 6.1. Avantages et inconvénients

#### 6.1.1. Avantages de l'outil informatique en orthodontie

- **Le gain de temps**

Le praticien arrive à se dégager du temps en utilisant l'ordinateur auquel il délègue ses tâches, souvent répétitives et fastidieuses sans effort et sans erreurs et peut délivrer à tout moment les résultats. En plus, l'accès au dossier informatisé du patient est désormais instantané. L'échange devient alors plus rapide, avec les praticiens éloignés, par le biais de réseau externe (internetemail). Le transfert de multiples données (radiographies, photographies, antécédents médicaux...) est quasi instantané.

- **La simplification des tâches administratives et comptables**

- **La fiabilité**

Un programme informatique bien conçu va signaler les données de saisie erronées, elles seront alors facilement corrigibles si la saisie n'a pas été juste et la fiabilité des résultats sera de 100%. Grâce à la nouvelle technologie le patient comprend plus facilement les explications du praticien, cela est assuré :

Par des logiciels qui permettent une prévisualisation du résultat sur tablette

Des écrans plafonniers facilitant de suivre les soins en temps réel

- **Réduction de l'encombrement et du risque de perte des dossiers**

La sauvegarde journalière des données informatisées sur un disque dur externe, réduit le risque de perte de données et diminue l'encombrement d'espace du cabinet d'orthodontie après plusieurs années d'exercice.

- **La formation continue**

C'est une obligation déontologique, par manque de temps le praticien peut se former online via les différents sites disponibles à la demande, 24/24h et 7/7j. Ou bien offline en utilisant les supports suivants : des CD-ROM, DVD-ROM ou CD

- **La lisibilité**

Le système informatisé offre une clarté et une qualité de présentation dépourvue de ratures et de surcharges ce qui facilite la lecture pour le patient, le pharmacien ou le praticien lui-même.

### **6.1.2. Inconvénients de l'outil informatique en orthodontie**

Comme tout outil, l'informatique n'est pas exempte de défauts, parfois inattendus et handicapants.

- **L'adaptation à l'outil informatique**

Malgré la vulgarisation numérique dans le domaine de l'orthodontie, certain praticien reste sceptique face à cette révolution et cela est dû au manque de formation et de maîtrise de l'outil informatique, qui peut entraîner une perte d'une partie du temps gagné.

- **L'encombrement**

Du point de vue ergonomique l'outil informatique doit être facilement accessible et ne pas interférer avec les zones stratégiques de soins.

- **La contamination**

Le matériel informatique au sein de la salle de soin peut être une grande source de contamination directe ou indirecte.

- **Le respect du secret professionnel et de la confidentialité**

Avoir un antivirus à jour.

Eviter les ordinateurs portables qui servent au cabinet et à l'extérieur.

Ne pas connecter à internet l'ordinateur dédié aux dossiers des patients.

- **Les pannes et les bugs**

- **Les contraintes financières**

L'ODF numérique s'est développée avec la science informatique dès l'apparition de la photographie numérique, nouveau support du bilan diagnostique. Puis l'augmentation de la puissance des ordinateurs et donc des logiciels ODF a permis d'utiliser le numérique pour calculer, construire et montrer des solutions thérapeutiques.

## **6.2. La photographie numérique**

La photographie a depuis tout temps été un élément central du diagnostic orthodontique. Elle permet au praticien l'analyse du cas a posteriori, après la consultation. Récemment, l'évolution technologique des appareils photographiques a grandement facilité leur utilisation, ainsi que la qualité des clichés. La photographie dite « numérique » a permis un stockage plus aisé des données, et en plus grand nombre. De plus, la création de scripts (séquence préétablie de photographies) a permis de réduire le temps de traitement des photographies, Au-delà, la visualisation directe de la photographie via une application, ou

directement sur le boîtier de l'appareil, a permis d'améliorer significativement la qualité des photographies (suppression des flous, correction des axes, etc.). Enfin, l'émergence de logiciels de retouches photographiques, simples et rapides, a ouvert les portes d'un monde où la photographie allie simplicité, rapidité, qualité et reproductibilité... Avec la présentation des photographies numériques sur grand écran, le praticien, va être en mesure de transmettre avec plus de précision et d'efficacité son message, et faire prendre conscience au patient des enjeux de son traitement. Pour ce faire, de nombreuses techniques de photographies, très codifiées, ont été développées ; l'une des plus utilisées, le DSD® (Dental Smile Design®) est un outil d'analyse et de prévisualisation, indispensable dans les cas complexes, mêlant orthodontie et reconstructions prothétiques.



Figure 64. Appareil photographique numérique équipé de flashes r1 cl.

### 6.3. La radiographie numérique

La radiographie numérique a également révolutionné la pratique orthodontique. Elle a permis de supprimer la chaîne de développement argentique des cabinets tout en facilitant le stockage et l'exploitation des clichés. Ainsi qu'elle a rajouté des dimensions à nos analyses. L'arrivée sur le marché de l'imagerie 3D, couplée au développement de technique dite *low dose*, a permis des analyses plus précises et plus poussées de nos traitements orthodontiques. La première utilisation de cet outil a été la visualisation, simple, rapide et directement au cabinet d'orthodontie, des éléments dentaires comme la position d'une canine incluse ou évolution de sa traction, mise en évidence d'odontomes, etc. Couplées à l'intelligence artificielle (algorithmes), ces nouvelles techniques d'étude ont ouvert la porte à des traitements sur mesure, individualisés en fonction du stade de croissance, de la typologie et du volume osseux de chaque patient, en prenant en compte les détails anatomiques de chacun (racines, dents incluses, épaisseur des corticales, etc.).

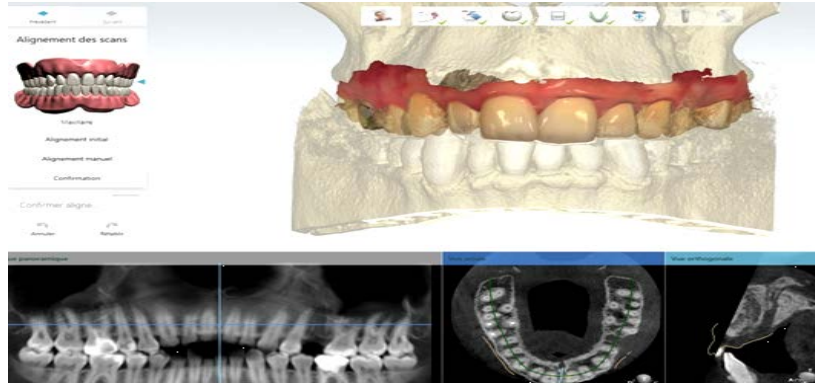


Figure 65. Association d'une radiographie tridimensionnelle à un scan intraoral.

#### 6.4. Les empreintes numériques

L'arrivée récente des empreintes numériques a elle aussi révolutionné les cabinets d'orthodontie. Initialement développée pour le travail de conception et fabrication assistées par ordinateur (CFAO) sur dent unitaire, couplé à des usineuses, l'utilisation de l'empreinte numérique a rapidement permis la réalisation des empreintes arcades complètes, maintenant aussi rapide que celle des empreintes à l'alginat. Au-delà, l'empreinte numérique a apporté un confort pour le patient, souvent anxieux de cette étape de traitement. Enfin, l'empreinte numérique a permis un gain de précision et une stabilité de l'empreinte, qui ne vieillit pas et dont le stockage sur le long terme est simple et économique. Bien qu'onéreuse, l'association des scans intraoraux aux imprimantes 3D et à des logiciels d'analyses (ClinCheck®, Orthoanalyzer® Indirect Bonding®, etc.) a permis de chasser le plâtre des cabinets, En outre, ces nouvelles méthodes, beaucoup plus confortables pour les patients, ont permis d'améliorer la communication du praticien grâce à une modélisation instantanée des arcades dentaires du patient. Le patient peut ainsi naviguer lui-même sur l'écran tactile, et se rendre compte plus facilement des enjeux de son traitement.



Figure 66. Différents modèles de caméra intra orales.

## 6.5. Apport du numérique dans le collage direct des attaches orthodontiques

Le numérique a ouvert de nouvelles perspectives dans le positionnement des attaches orthodontiques. Certains auteurs et certaines sociétés ont cherché à améliorer la technique de collage direct en développant des auxiliaires.

### 6.5.1. Guide de collage généré par ordinateur

Xue propose de réaliser des guides pour le collage direct.

Cet auxiliaire permet de positionner précisément les attaches dans tous les plans de l'espace. Il est conçu en 3 parties :

- Un guide en forme de L, qui vient orienter la partie occlusale et la partie distale de l'attache ;
- Une gouttière rigide qui couvre partiellement ou totalement la face occlusale des dents ;
- Des tiges connectant les 2 parties.

Le guide, de par sa conception (fig67), permet un contrôle visuel de l'insertion. De plus, il est rigide, et ne peut pas être « excessivement » inséré. Une fois inséré, chaque attache est collée une à une. D'ailleurs, cette conception permet aussi de s'assurer de ne rien décoller au moment de la désinsertion. Le collage direct guidé présente des avantages par rapport au collage direct : la position est trouvée instantanément, ce qui permet de positionner les attaches aisément avec une faible quantité de colle et donc moins d'excès à éliminer cela va réduire le temps sur fauteuil et même la contamination des sites.

Néanmoins, le collage direct guidé présente des limites: un temps de laboratoire est requis, et le temps passé au fauteuil est plus important qu'en collage indirect. L'accès visuel au niveau des dents postérieures demeure limité, et nécessite l'utilisation de miroirs de bouche.

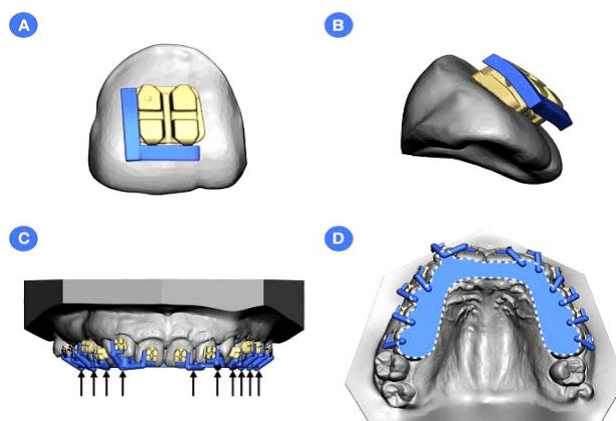


Figure 67. Conception numérique du guide de collage direct.

### 6.5.2. Collage direct assisté par ordinateur

En 2004, OrthoCAD a développé un outil qui s'intitule OrthoCADiQ®. C'est un système qui permet de positionner les attaches virtuellement puis de transférer la position de

ces attaches en bouche. En fonction du plan de traitement, un set-up virtuel est généré avec un alignement idéal. C'est à partir de ce set-up que la position idéale des attaches est déterminée. Ensuite, à l'aide d'un manche de la taille d'un stylo, contenant une caméra miniature et 8 LEDs, la dent est filmée et s'affiche à l'écran. La position idéale de l'attache y est également affichée et l'orthodontiste positionne alors l'attache à l'endroit indiqué.

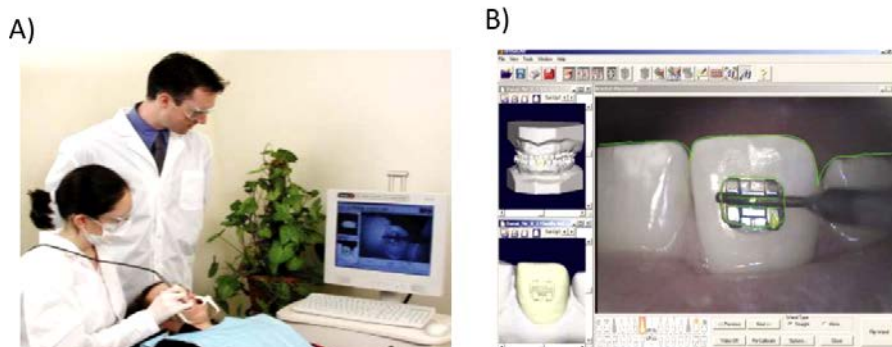


Figure 68. Position idéale de l'attache affichée à l'écran en temps réel avec OrthoCAD.

OrthoCADiQ® propose aussi une version indirecte : les attaches sont positionnées sur un modèle en plâtre à l'aide de la même caméra, puis une gouttière de transfert est confectionnée. Ainsi, OrthoCAD a proposé une des premières versions de collage indirect numérique, même si elle présentait des limites.

## 6.6. Collage indirect numérique

Le collage indirect a bénéficié du développement des nouvelles technologies, notamment des caméras intra-orales et des imprimantes 3D. Cette numérisation du collage indirect est rendue accessible par la pluralité des options.

### 6.6.1. Différentes techniques de collage indirect numérique « *in-office* »

Hitmi a proposé 3 méthodes de collage indirect en fonction de l'équipement à disposition et de l'organisation possible au sein du cabinet.

#### 6.6.1.1. Méthode 1 : Positionnement des attaches sur un modèle numérique imprimé

La première méthode consiste en l'impression du modèle numérique, puis au positionnement des attaches sur le modèle physique. Avec cette méthode, il est nécessaire d'employer une imprimante à filament. Il faut être vigilant quant au choix du matériau utilisé pour l'impression, car le modèle doit pouvoir supporter des températures élevées si un thermoformage de la gouttière de transfert est prévu.

Cette technique est très semblable au collage indirect conventionnel, et présente les mêmes avantages et les mêmes inconvénients.

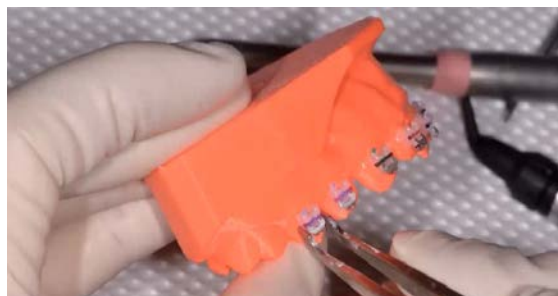


Figure 69. Positionnement des attaches sur un modèle imprimé par dépôt de fil fondu.

### 6.6.1.2. Méthode 2 : Positionnement numérique des attaches et impression du maître-modèle

La deuxième méthode correspond au positionnement virtuel des attaches sur les modèles numériques.

Après l'enregistrement des arcades par la caméra intra-orale, le modèle numérique est généré. Sur ce dernier, les dents sont segmentées et la position idéale de collage est déterminée par le logiciel (point FA). Les attaches sont automatiquement positionnées sur ce point et peuvent être déplacées par le praticien.

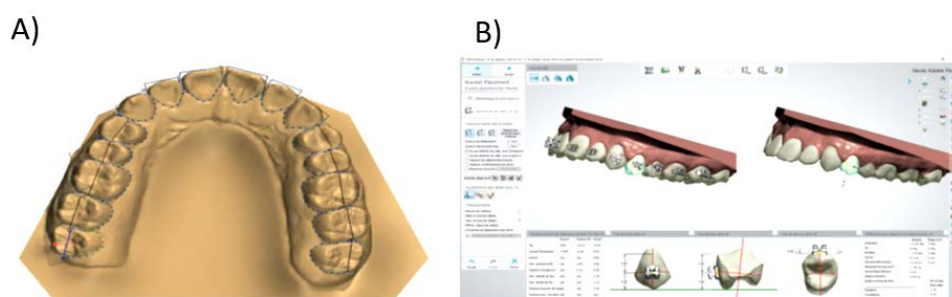


Figure 70. A) Segmentation des dents semi-automatique B) Positionnement virtuel des attaches sur OrthoAnalyzer.

Une fois la position de toutes les attaches validées, le maître-modèle est généré et imprimé : il comporte soit le gabarit des boîtiers, soit des marqueurs de position.

Si le maître-modèle comporte des marqueurs, alors il faut positionner les attaches sur le modèle avant de réaliser la gouttière de transfert. Sa confection se fait de la même façon que pour le collage indirect conventionnel. Il faudra alors employer une imprimante à filament.

Si le maître-modèle comporte des gabarits, alors il est possible d'employer une imprimante à filament ou à résine pour cette méthode. Elle permet de bénéficier de la rapidité et de la précision de positionnement des attaches conférées par le numérique. Cependant, le temps d'impression des maître-modèles est important, et le temps de travail en laboratoire reste conséquent.



Figure 71. (A) Maître-modèle imprimé comportant des marqueurs de position, (B) Attaches positionnées à l'aide des marqueurs, (C) Gouttière de transfert thermoformée.

### 6.6.1.3. Méthode 3 : Positionnement numérique des attaches et impression des gouttières de transfert

La méthode 3 permet d'exploiter le plein potentiel du collage indirect numérique, mais requiert d'avoir une imprimante à résine présentant une bonne résolution, une précision suffisante, et compatible avec une résine adaptée.

Comme pour la méthode 2, les dents sont segmentées sur le modèle numérique et la position idéale des attaches est déterminée par le logiciel. Les attaches sont mises en place sur le modèle virtuel, et leur position ajustée puis validée par le praticien. La gouttière de transfert diffère est conçue puis imprimée en 3D.



Figure 72. Gouttières de transfert imprimées avec attaches inversées.

En fonction des logiciels, la segmentation des dents pour la détermination de la position idéale de collage est manuelle ou automatisée. La bibliothèque des attaches orthodontiques qui peuvent être utilisées est très fournie : le praticien peut choisir celles qu'il préfère pour chaque dent, conventionnelles ou autoligaturantes. Différents logiciels permettent à l'orthodontiste de positionner lui-même les attaches, de les ajuster et de générer les gouttières de transfert : OrthoAnalyzer®, CADental®, Mimics®, OnyxCeph®... Ces solutions offrent la possibilité d'internaliser et de gérer toute la chaîne de préparation, de la conception à l'impression des gouttières.

Le collage indirect numérique permet un positionnement rapide des attaches car une partie est automatisée : celui-ci prend 6 fois moins de temps sur des moulages virtuels comparé à la technique conventionnelle.

Le positionnement est aussi plus précis grâce à la qualité des mesures. La précision est supérieure à ce qu'on peut obtenir à l'œil ou à l'aide de jauges : elle est de l'ordre de 0,1 mm.

Certains logiciels proposent de positionner les attaches sur la malocclusion, d'autres permettent en plus une prévisualisation de la situation finale avec un set-up numérique.

En plus de la rapidité et de la précision, la numérisation du collage indirect permet une ergonomie améliorée. Il est possible de manipuler les moulages virtuels dans les 3 sens de l'espace, d'agrandir l'image à souhait, de déplacer les attaches, de mesurer leur position et de comparer avec l'attache sur la dent controlatérale. Le tout sans avoir le risque de faire bouger les attaches à la manipulation.

## **6.6.2. Apport du numérique dans le collage indirect**

### **6.6.2.1. Les mêmes avantages du collage indirect conventionnel**

Le collage indirect numérique partage bon nombre d'avantages avec le collage indirect conventionnel : il offre un confort du patient, une facilité d'apporter des sur-corrections, une reproductibilité du collage, le choix du système de collage et la réduction du temps nécessaire au fauteuil.

La numérisation présente des atouts : l'optimisation du positionnement des attaches et la réduction du nombre d'étapes au laboratoire. Toutes les étapes peuvent être réalisées au cabinet, et l'orthodontiste garde alors le contrôle sur toutes les étapes de la conception : du positionnement à la confection des gouttières de transfert, tout en déléguant la plupart des étapes (de la segmentation à l'impression des gouttières). De plus, chaque étape peut être sauvegardée.

### **6.6.2.2. Utilisation de l'imagerie 3D pour le parallélisme des racines**

L'objectif du traitement orthodontique est de corriger la position des dents dans les trois dimensions de l'espace afin de remplir des objectifs céphalométriques et occlusaux. Parmi les critères de positionnement des dents, il y a l'angulation mésio-distale des dents: le tip. En effet, la bonne position des racines est un impératif pour obtenir une bonne fonction occlusale avec une distribution répartie des forces occlusales. Le parallélisme des racines permet le maintien d'une bonne santé parodontale et facilite la mise en œuvre des traitements parodontaux et la réalisation des restaurations. En plus de compliquer certains soins, la proximité radiculaire peut être à l'origine d'embrasures gingivales inesthétiques.

La position de la racine ne peut pas être précisément déterminée avec les informations dont on dispose cliniquement, c'est à dire la forme et l'orientation de la couronne, du fait de la variabilité de la forme coronaire et de l'angulation couronne-racine. C'est pour cette raison que les radiographies panoramiques sont actuellement utilisées pour déterminer la position des racines et déterminer leur parallélisme. Par ailleurs, la radiographie panoramique génère une représentation bidimensionnelle déformée d'un objet tridimensionnel et il a été démontré que ces radiographies sont imprécises pour évaluer les axes radiculaires. C'est une technique très sensible à la position de la tête lors de l'acquisition du cliché et les structures anatomiques se superposent. On ne peut alors qu'estimer approximativement la position de la racine.

L'*American Board of Orthodontics*(ABO) reconnaît que les radiographies panoramiques ne sont pas idéales pour évaluer la position des racines et ne tient pas compte de l'axe des racines adjacentes aux canines dans sa notation.

L'usage du *Cone-Beam Computed Tomography*(CBCT) est courant en dentisterie et la planification des traitements à l'aide de la 3D. Il présente un intérêt majeur tant diagnostique que thérapeutique car il permet de produire des images précises des tissus mous et des tissus durs des patients. Contrairement aux radiographies panoramiques, les CBCT sont précis dans les 3 dimensions et montrent les structures à l'échelle 1:1. Néanmoins, les CBCT ne sont pas totalement exempts de déformations, notamment au niveau de la denture en raison des restaurations métalliques, appareils orthodontiques ou même de la forte densité de l'émail.

Le collage indirect numérique permet d'exploiter le potentiel de cette imagerie. Il est possible de coupler un CBCT au moulage numérique, permettant de visualiser les racines et les couloirs osseux. Cela permet d'augmenter la prédictibilité de nos traitements et la précision du positionnement des attaches. Cet avantage a été évalué par une étude rétrospective turque : elle a montré qu'il y avait une différence significative dans l'angulation des attaches dans le collage indirect numérique entre l'usage d'un panoramique et d'un CBCT : il y a en moyenne  $3,57^\circ$  de différence, ce qui est au-delà des  $2,5^\circ$  cliniquement acceptables. La dent qui présente la plus grande erreur d'angulation est la canine maxillaire : en moyenne  $5,56^\circ$ . Toutes les autres dents présentent une erreur supérieure à  $2,5^\circ$ , ce qui est cliniquement significatif et ce qui peut causer des irrégularités d'alignement et surtout de nivellement des crêtes marginales.

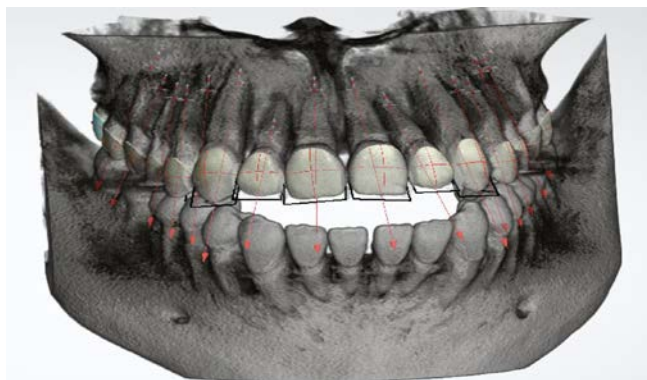


Figure 73. Visualisation de l'axe des racines grâce au couplage de moulages numériques avec un CBCT.

Il est indispensable que la fusion du CBCT avec l'empreinte optique Avec IPS CaseDesigner®, cette fusion se fait automatiquement. Avec le développement de l'intelligence artificielle, la fusion devrait pouvoir être automatisée avec d'avantage de précision. À tout moment du traitement, il serait même possible de déterminer précisément la position des racines en réalisant une empreinte numérique mais à la condition d'avoir une imagerie 3D initiale. Cela permet de contrôler de l'axe des racines, sans avoir à irradier le patient de nouveau.

Le dossier orthodontique se compose de photographies endo et exo buccales, de moulages, d'une radiographie panoramique et d'une téléradiographie de profil. Le CBCT n'en

fait pas partie. Son usage est très encadré et il ne peut être réalisé en première intention. Il ne devrait donc pas être réalisé uniquement pour le collage indirect numérique.

Il est possible de réaliser le collage indirect numérique uniquement à partir de l'imagerie 3D, même s'il apparaît que la combinaison du modèle numérique et du CBCT offre de meilleurs résultats.

### 6.6.2.3. Positionnement numérique des attaches : personnalisation, set-up et reproductibilité

Le numérique permet de réaliser des traitements de plus en plus individualisés : il permet d'adapter les prescriptions en fonction des caractéristiques morphologiques des dents, de la malposition initiale et des mécaniques utilisées.



Figure 74. A, B) Positionnement des attaches en imagerie 3D. C) Gouttière de transfert fabriquée à partir du modèle virtuel.

#### a. Personnalisation du collage

Lors du positionnement des attaches sur le modèle virtuel, l'attache est positionnée automatiquement sur le point FA : c'est-à-dire au centre de la couronne clinique. Mais il est possible pour le praticien de personnaliser le programme et de configurer différentes hauteurs de collage selon ses préférences. En effet, l'un des avantages du numérique, c'est de pouvoir adapter les hauteurs de collage pour chaque patient en fonction des besoins individuels (faible hauteur coronaire, béance, supraclusion). Cela peut être réalisé dans les techniques de collage conventionnelles, mais toujours avec une certaine imprécision.

#### b. Précision supérieure du positionnement des attaches

Une étude brésilienne de 2019 a cherché à comparer le positionnement des attaches en collage direct au positionnement effectué virtuellement sans set-up, et avant le transfert clinique. La référence prise était un positionnement numérique réalisé avec set-up. Cette étude a montré que pour un même opérateur, le positionnement numérique des attaches permettait une précision supérieure au collage direct dans les 3 dimensions: verticale, horizontale et l'angulation mésio-distale.

Le collage direct montrant une imprécision moyenne de 0,58 mm dans les sens vertical, de 0,33 mm dans la dimension horizontale et de 3,18° dans l'angulation, tandis que le positionnement numérique montre une imprécision de 0,49 mm dans le sens vertical, de 0,24 mm dans le sens horizontal et de 2,89° dans l'angulation. Ainsi, le positionnement numérique des attaches est significativement plus précis que le collage direct dans les dimensions verticale et horizontale. Dans le sens vertical le collage indirect numérique est même deux fois plus précis que le collage direct : le positionnement est correct dans 64,7 % des cas contre 27,1 %.

### **c. Apport du set-up virtuel dans la précision du positionnement des attaches**

Certains logiciels offrent la possibilité d'avoir une prévisualisation du rendu final, d'avoir un traitement virtuel en quelques sortes : c'est le set-up virtuel. En plus d'apporter une précision supplémentaire, il s'agit d'un outil de communication puissant avec le patient, car il offre la possibilité de montrer au patient le projet virtuel. Cela peut permettre de le motiver. Cela permet de visualiser l'alignement et le nivellement des dents en fonction des attaches choisies, des informations qu'elles comportent, de leur position et de l'arc en place. Certains logiciels permettent de voir le torque effectif en fonction de la section du fil utilisé.

La position virtuelle des attaches peut alors être ajustée afin d'atteindre les objectifs de traitement. Il est aisé de faire les modifications nécessaires pour parfaire l'alignement. Cela peut s'avérer d'une grande aide pour certains choix esthétiques difficiles comme le choix entre l'alignement des bords libres ou des collets, permet d'anticiper des finitions et apporter des sur-corrrections. Cela permet d'avoir des mouvements dentaires plus prédictibles. Tout cela permet ainsi de minimiser les besoins de repositionnement des attaches et de réaliser des plis.

Le set-up virtuel permet de déplacer les dents dans toutes les dimensions de l'espace mais ne prend pas en compte les effets indésirables des mécaniques, et les nombreux facteurs qui interviennent dans les mouvements orthodontiques : la densité de l'os, l'anatomie radiculaire, les forces occlusales sont autant de facteurs qui peuvent expliquer que la dent ne se déplace pas exactement comme prévu. Sur le set-up virtuel, le nivellement des arcades est aisément obtenu, mais cliniquement le nivellement de la courbe de Spee peut être plus difficile à obtenir, ce qui explique les variations dans le sens vertical. De la même façon, on a généralement une arcade plus étroite que celle prescrite, mais aussi légèrement plus longue. Cela s'explique par le fait que l'expansion transversale prescrite ne s'exprime pas entièrement, et qu'on a un peu plus d'expansion antérieure. Cette expansion postérieure pourrait s'exprimer davantage en version plutôt qu'en translation.

De plus, les arcs orthodontiques sont moins efficaces en cantilever, c'est à dire qu'ils s'expriment moins bien sur les dents terminales, et donc sur les deuxièmes molaires. Cela explique pourquoi la position de ces dents s'éloigne le plus du set-up prévisionnel.

Au final, pour les cas sans extraction (et donc sans mécanique de fermeture d'espace), sans utilisation de chaînettes ou d'élastiques inter-arcade, l'alignement et le nivellement obtenus à la fin du traitement sont très fidèles au set-up initial. Le set-up virtuel ne dispense

pas de poser un diagnostic correct, d'établir un bon plan de traitement, de mettre en œuvre des mécaniques adéquates et d'anticiper les effets indésirables.

Un des arguments en faveur du collage indirect numérique, est qu'en termes de précision et de reproductibilité, l'ordinateur surpasse l'homme. Cela répond à l'un des écueils du collage direct : la faible reproductibilité.

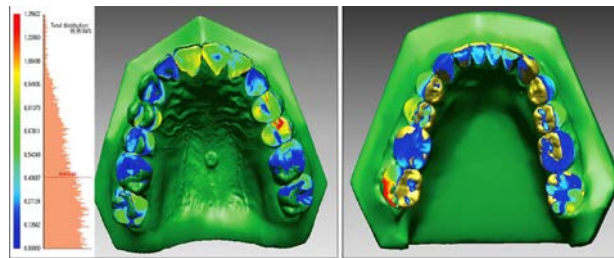


Figure 75. Superposition du set-up initial avec les modèles de fin de traitement.

#### 6.6.2.4. Personnalisation de la forme d'arcade

Lors du positionnement numérique des attaches, il est requis de choisir une forme d'arc pour le patient car c'est à partir de cette forme que le set-up est réalisé. La forme d'arc varie d'un patient à l'autre. Le principe de base en orthodontie est que la forme d'arcade initiale du patient doit être conservée. Car c'est dans cette position que les dents présentent un maximum de stabilité. Il est enseigné que les dimensions et la forme de l'arcade est corrélée aux dimensions et à la forme de la face.

Des études sur la stabilité à long terme montrent que les changements post-traitement sont plus importants quand la forme d'arcade est modifiée que lorsqu'elle est maintenue.

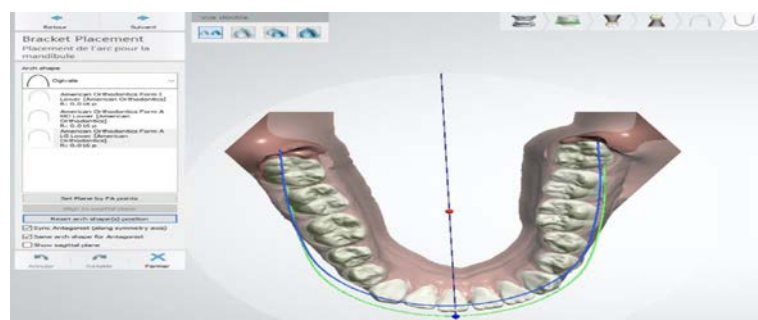


Figure 76. Choix de forme d'arcade sur OrthoAnalyzer.

En collage numérique, le choix de la forme d'arcade se fait à partir de la bibliothèque d'arcs disponibles qui est très bien fournie. Sinon il est possible d'y ajouter des formes personnalisées, en fonction de l'assortiment d'arcs disponible au sein du cabinet.

Enfin, il est possible d'imprimer la forme d'arcade choisie, sous forme de charte, afin de façonner l'arc aux mêmes forme et dimensions.

### 6.6.2.5. Guides de transfert des attaches

Il existe différentes conceptions de jigs et de gouttières de transfert.

#### a. Gouttières de transfert

Les gouttières de transfert permettent de coller toute une arcade dans un même temps, ou en plusieurs fois en coupant la gouttière : cela permet une flexibilité pour le praticien.

Afin de réaliser les gouttières de transfert, il faut d'abord réaliser un maître-modèle après validation de la position des attaches : il s'agit de la fusion du modèle de l'arcade du patient avec les attaches en bonne position. Le logiciel permet de diminuer ou d'éliminer les contre-dépouilles sous les crochets et ailettes. Il est possible d'imprimer le maître-modèle, et ensuite de fabriquer une gouttière de transfert comme en technique conventionnelle (Méthode 2) :

- À partir de silicone VPS (type Memosil®) avec une gouttière dure thermoformée par-dessus ;
- Ou une gouttière souple thermoformée et par-dessus une gouttière rigide.

Cette technique présente moins d'intérêt :

- Elle prend plus de temps (temps de travail sur l'ordinateur et temps de laboratoire) ;
- La multiplication des étapes est sans doute facteur d'imprécision ;
- Elle engendre plus de déchets et des coûts supplémentaires.

Les gouttières de transfert peuvent être directement imprimées en 3D. Sur la suite OrthoAnalyzer®, la gouttière de transfert est conçue à partir de l'extension Appliance Designer. La conception de la gouttière joue un rôle important dans la précision du collage : la rigidité du matériau permet un bon maintien des attaches, mais cela implique de ne pas avoir de retour de résine en gingival pour réduire le risque de fissurer la gouttière à l'insertion des attaches et de décoller lors de la désinsertion. Il faut également prendre en compte une interférence éventuelle avec les tissus mous pouvant gêner l'insertion.

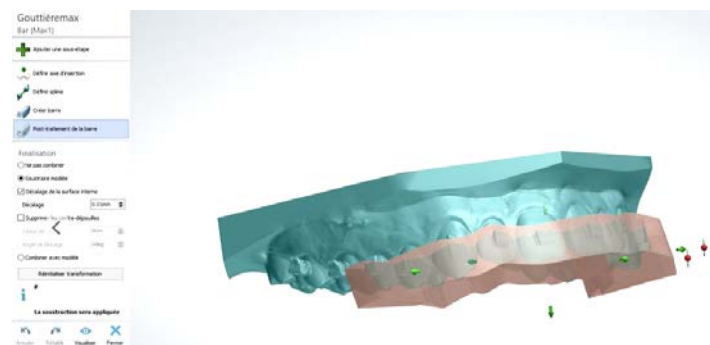


Figure 77. Conception de la gouttière de transfert sur Appliance Designer (OrthoAnalyzer).

Les gouttières doivent reproduire exactement les dimensions des attaches car il est impératif d'avoir suffisamment de rétention pour assurer leur stabilité, et en même temps les gouttières doivent pouvoir être retirées aisément, pour ne pas risquer de décoller au moment de la désinsertion. Une fois les gouttières imprimées, les attaches sont insérées dans les

logements prévus. Le temps total nécessaire à la production des gouttières de transfert imprimées est significativement plus élevé qu'en technique conventionnelle du fait du temps d'impression. Cependant, le temps de travail actif pour la conception des gouttières est 2 fois plus court en technique numérique.

La précision du transfert des attaches par des gouttières imprimées est déterminée par la précision de l'impression, le matériau d'impression, le design de la gouttière et par les compétences de l'orthodontiste. La précision des empreintes numériques peut constituer un autre facteur d'imprécision : elle est de l'ordre de 0,8 à 1,2  $\mu\text{m}$ , ce qui est négligeable. Cette imprécision peut aussi survenir au moment de la transformation du fichier.

### b. Jigs de transfert

Les jigs sont imprimés dans une résine rigide, et ne peuvent être déformés lors de l'insertion et du maintien lors de la polymérisation. Il peut s'agir de jigs unitaires, ou de jigs permettant de coller plusieurs dents en même temps. En revanche, il n'y a alors aucune tolérance pour les imprécisions d'impression. De plus, cette rigidité peut être à l'origine d'erreurs de positionnement lorsque les cuspides ne sont pas usées, car les jigs pourraient avoir plus de mal à reproduire les contours et s'adapter aux cuspides marquées. Cela se traduit par une insertion partielle, entraînant des erreurs de positionnement dans le sens vertical. C'est pourquoi il n'est possible de coller que peu d'attaches en même temps, ce qui restreint un des intérêts du collage indirect, qui est de réduire le temps nécessaire au fauteuil. De plus, il ne semble pas avoir de différence en termes de précision entre les gouttières imprimées prenant toute l'arcade et les gouttières de collage unitaires imprimées.

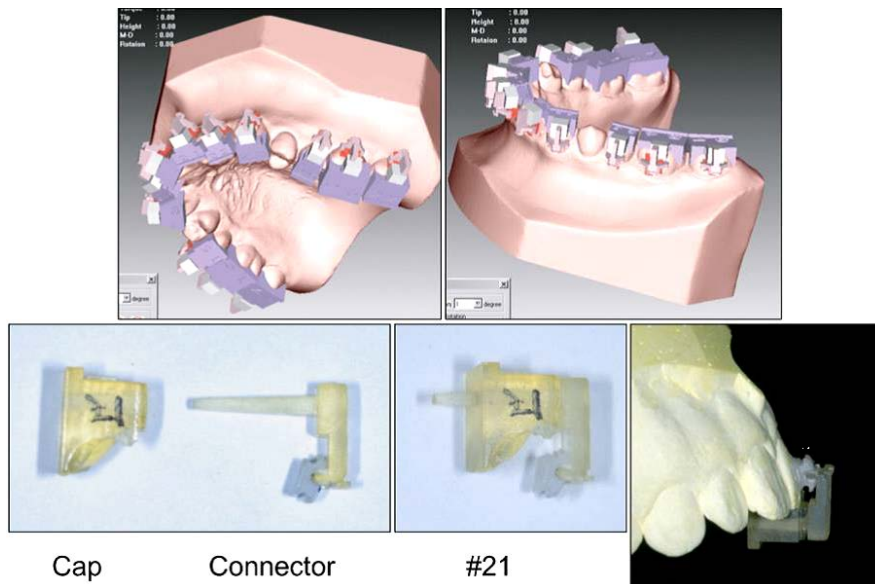


Figure 78. Conception de jigs unitaires sur 3Txe (Orapix).

### c. Précision dans le transfert des attaches

Si le numérique permet un positionnement des attaches très précis, rapide et personnalisé, il faut que le transfert de ces attaches soit fiable. Ainsi, la précision du collage

indirect numérique dépend largement de la précision du transfert des attaches. Certains facteurs comme la dureté de la gouttière ou l'encombrement entrent alors en jeu.

Pour les gouttières imprimées l'imprécision sur les valeurs linéaires mésio-distale, vestibulo-linguale, verticales été en moyenne de 0,06 mm, 0,10 mm et 0,12 mm respectivement et l'imprécision sur les valeurs angulaires d'angulation, rotation et de torque était respectivement de 1,14°, 0,90° et 1,42°. Les imprécisions de cet ordre ne sont pas significatifs cliniquement. Comme pour les gouttières en silicone, les imprécisions du collage indirect numérique peuvent s'expliquer par : un mauvais ajustement de la gouttière de transfert ou une insertion partielle de la gouttière qui expliquerait un positionnement des attaches trop occlusal.

De même, la plupart des gouttières sont imprimées avec une résine flexible. Cela requiert une pression digitale, et il demeure difficile de savoir si la gouttière est parfaitement insérée ou au contraire trop fortement appliquée. De plus, les gouttières sont conçues pour englober en partie ou totalement les attaches, ce qui rend difficile le contrôle de leur position et empêche l'élimination des excès de colle.

Enfin, un mauvais ajustement des logements des attaches peut aussi être à l'origine d'imprécisions. Le moins bon contrôle de la position des attaches dans les dimensions angulaires (torque et rotation) peut être dû à l'épaisseur de colle qui n'est pas répartie de façon homogène entre la base et la surface dentaire.

Au total, les gouttières imprimées en 3D sont plus précises que les doubles gouttières thermoformées et aussi précises que les gouttières en silicone qui étaient la référence en termes de précision.

Les gouttières imprimées doivent leur qualité grâce à la précision des imprimantes et à la faible élasticité du matériau. De plus, elles présentent l'avantage de nécessiter moins d'étapes de fabrication, ce qui minimise le risque d'erreurs.

#### **6.6.2.6. Avantage dans le choix du système de collage**

Le collage indirect numérique permet l'utilisation de tous les systèmes de collage. Comme pour le collage indirect conventionnel, il est par exemple possible de coller avec du CVIMAR et de bénéficier de ses propriétés respectueuses de l'émail. Si le choix se porte sur un système nécessitant un mordantage préalable, alors le numérique permet de faciliter grandement la réalisation de masques de mordantage : il est effectivement possible de concevoir puis d'imprimer en 3D des gouttières de mordantage.

Un des effets principaux des traitements orthodontiques multi-attaches vestibulaires sont les leucomes. Le collage indirect conventionnel nous a montré qu'une des façons de réduire significativement le risque de leucomes et l'accumulation de plaque autour des attaches est le mordantage très sélectif par la réalisation de guides de mordantage.

#### **6.6.2.7. Réduction du temps au fauteuil et de la durée du traitement**

Comme pour le collage indirect conventionnel, le temps nécessaire au fauteuil est plus de deux fois moins important que pour le collage direct.

### 6.6.2.8. Limites du collage indirect numérique

Le collage indirect numérique partage un certain nombre d'inconvénients avec le collage indirect conventionnel.

Le collage indirect implique des étapes supplémentaires par rapport au collage direct et nécessite significativement plus de temps que le collage direct (temps au fauteuil et temps laboratoire).

Comme pour sa version analogue, le collage indirect numérique pourrait avoir un taux de décollement immédiat supérieur comparé au collage direct. Cela impacte négativement le temps nécessaire au fauteuil.

Le collage indirect numérique présente des surcoûts : lorsque l'intégralité des étapes du collage indirect numérique est déléguée à un laboratoire externe, un surcoût lié à des frais de laboratoires est à prendre en compte. Même lorsque le flux de travail est internalisé, le collage indirect numérique présente un surcoût : un investissement en une caméra optique pour le logiciel... En revanche, le collage indirect assisté par ordinateur, s'il est bien exécuté, représente un excellent rapport coût/bénéfice.

#### Une technique en constante évolution

Le collage indirect numérique, tel que décrit pour la méthode 3 peut être délégué à un laboratoire extérieur. Il suffit de leur envoyer les fichiers stl des moulages et les instructions de collage. C'est alors un technicien qui réalise les différentes étapes de segmentation des dents puis de positionnement des attaches, et l'orthodontiste valide la position. Le laboratoire imprime les gouttières et les envoie au cabinet. Seulement, le praticien n'a pas la main sur la confection de la gouttière, et chaque laboratoire a son système de gouttières.

Ces systèmes proposent de réaliser des attaches personnalisées, ainsi que des fils personnalisés comportant des courbures de finition : c'est le cas du système Insigna® (Ormco), ou encore SureSmile® (Dentosply). C'est un système qui utilise donc des attaches conventionnelles mais des arcs personnalisés. Cela permettrait en moyenne de réduire la durée du traitement d'environ 8 mois, avec 4 séances de moins, et de gagner 20 % de temps au fauteuil.

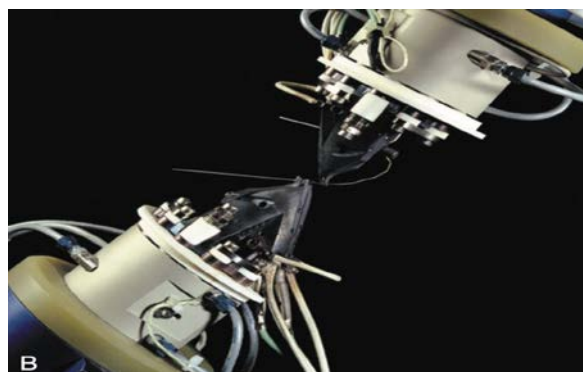


Figure 79. Robot pileur.

Insigna® (Ormco) propose des attaches et des arcs personnalisés : les gorges des attaches métalliques conventionnelles sont usinées en fonction du set-up. Les boîtiers autoligaturants et céramiques sont personnalisés au niveau de l'épaisseur de leur base. Ce système permet de modifier le set-up, et aussi d'associer un CBCT, ce qui permet de faire figurer les racines sur le set-up.



Figure 80. Attaches personnalisées Insigna.

Certaines études affirment qu'il n'y pas de différence sur la qualité du traitement effectué, ni sur le temps au fauteuil. De plus, il semble y avoir plus de décollements, d'urgences et de plaintes. D'autres montrent que les patients traités avec Insigna® semblent avoir une meilleure qualité de finition, un temps de traitement plus court d'environ 8 mois et un nombre de séances plus faible.

Le numérique a pris aujourd'hui une place centrale dans notre activité orthodontique, en s'insinuant dans chacune des étapes du parcours du patient. Ce nouveau monde connecté a permis à notre profession d'augmenter la qualité et la reproductibilité de ses soins, tout en augmentant le confort du patient et du praticien. Toutefois, cette course à la numérisation a apporté avec elle son lot de dérives et de problèmes, tout en complexifiant l'application des lois sur la protection des données des patients. Enfin, l'obsolescence toujours plus rapide de nos machines, face à la fulgurance des progrès techniques, pose une réelle question environnementale. Les défis de demain semblent donc s'orienter vers une rationalisation de notre pratique, recentrée sur l'efficacité technique, et détachée d'une bataille irrationnelle pour la nouveauté à tout prix.

## 7. Le collage selon la position des brackets

### 7.1. Système d'Angle

Le but de la technique d'Angle était de corriger des malocclusions tout en préservant l'ensemble des dents sur l'arcade. Angle était fermement convaincu qu'un appareil orthodontique devait posséder cinq qualités majeures : la simplicité (tirer, pousser et tourner les dents), la stabilité (fixé sur les dents), l'efficacité (troisième loi de Newton et ancrage), la biocompatibilité (accepté par les tissus) et la discrétion (relativement esthétique). En 1925, 2 ans avant sa mort, il transforme son attache Ribbonwise en plaçant la gorge horizontalement et crée ainsi le système Edgewise à l'origine de nos appareils actuels.

### 7.1.1. La technique Edgwise

L'Edgwise est une technique fixe multi-attachement qui fut créé en 1925 par Edward Angle pour répondre aux exigences de certains mouvements orthodontiques impossibles à réaliser par les techniques existant jusqu'alors. Elle ne s'applique en principe qu'à des dispositifs fait d'arc rectangulaire utilisé en plaçant le côté le plus étroit perpendiculairement à l'axe de la dent, ces arcs sont engagés avec force ou avec très peu de jeu dans des attachements fixes ou sur des bagues elles même scellées sur les dents(EDGE = côté le plus étroit. WISE = Fil). [4]

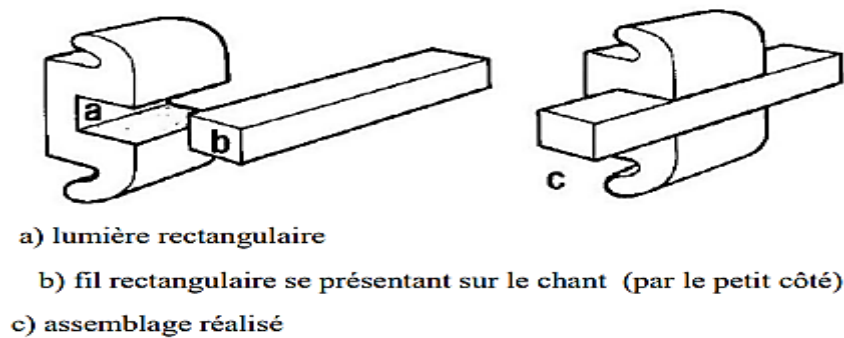


Figure 81. Bracket et arc Edgwise.

Cette technique est très exigeante car il est nécessaire d'adapter l'arc aux particularités anatomiques du système dento-alvéolaire. Il est donc nécessaire de réaliser pour chaque dent des déformations sur l'arc pour transmettre les informations nécessaires dans les trois ordres. Au total, la confection des deux arcs nécessite la réalisation de 76 déformations de premier, deuxième et troisième ordre, auxquelles il faut ajouter un certain nombre de courbures supplémentaires : omégas, boucles de fermeture... Aussi pour prévenir des mouvements de va-et-vient, ces déformations sont à reproduire d'un arc à l'autre tout en les modifiant progressivement.[72]

### 7.1.2. Les éléments de l'appareillage EDGEWISE standard[4, 73]

Tableau 1. Les éléments de l'appareillage Edgwise.

Les éléments fixes	Les éléments amovibles	Forces auxilliaires
-Les brackets.022 x .028 inches.-Les tubes -Les attachements accessoires : *Le tube de force extraorale*Les crochets à ouverture distale *Les boutons ou les crochets	-Les arcs : Fil rond Fil rectangulaire Fil twist	-Forces intra maxillaires Chainette, ligature, élastique ou ressort  -Forces intermaxillaires : Les anneaux élastiques

linguaux (cleatlugs) oeillets (eyelets)	*Des	+ plusieurs diamètres	-Forces extraorales : l'arc facial
--------------------------------------------	------	-----------------------	------------------------------------

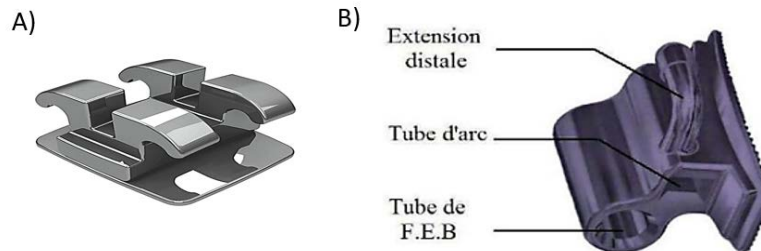


Figure 82. Schéma d'A) bracket Edgwise. B) tube Edgwise.

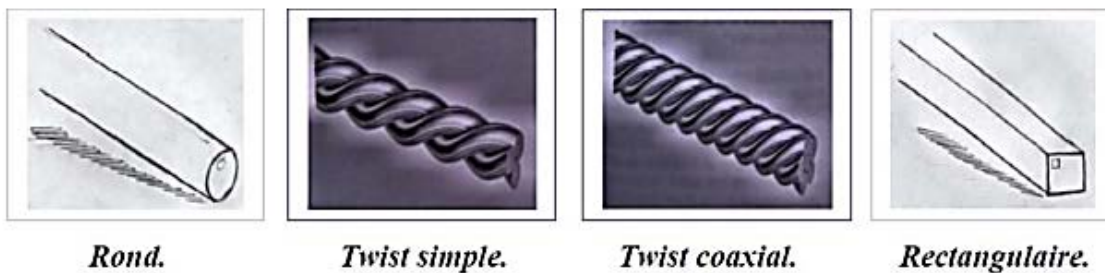


Figure 83. Schémas illustrant différents types d'arcs orthodontiques.

### 7.1.3. Les trois principes spécifiques de l'Edgwise [4]

- Contrôle tridimensionnel du mouvement dentaire ;
- Maîtrise des zones d'ancrage ;
- Concept de l'arc idéal.

### 7.1.4. Le pliage des arcs en Edgwise

Ceux sont des déformations introduites sur l'arc. Il existe trois types de courbures, deux sont réalisées sur des arcs de section ronde et même rectangulaire se sont les courbures de 1er et 2ème ordre. Seules les courbures de 3ème ordre sont privilégiées pour le fil rectangulaire ou le carré dans certaines techniques.

#### 7.1.4.1. Courbures du 1er ordre

Elles sont réalisées dans le plan horizontal et qui n'affecte pas la planéité de l'arc , elles consistent en des accentuations de courbes ou de plicatures en baïonnette vers l'extérieur de l'arc (offset), ou vers l'intérieur (in set); elles peuvent quelque fois être exagérées (hypercorrection des rotations). [4]

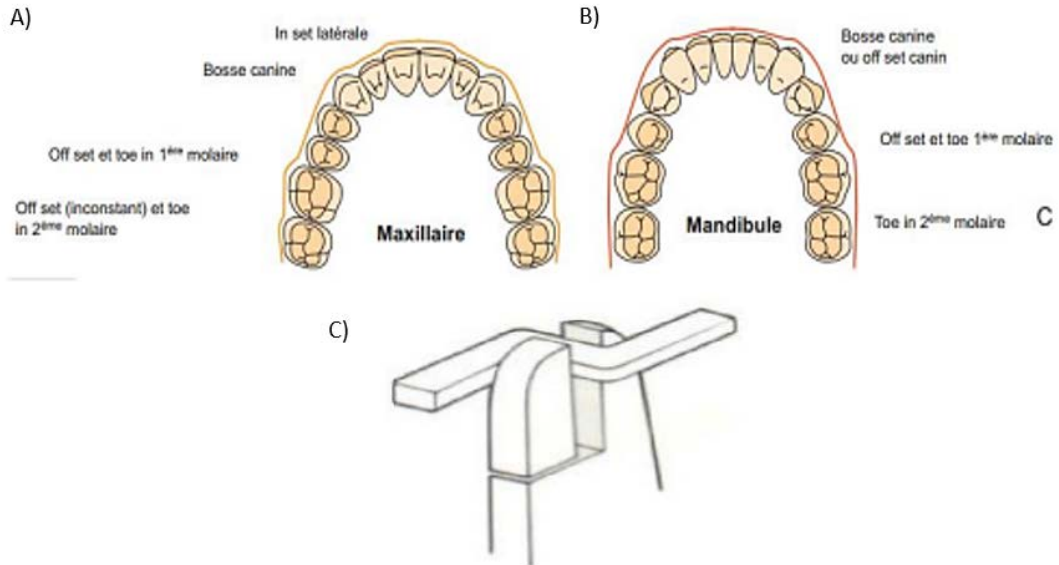


Figure 84. Courbure de 1<sup>er</sup> ordre. A) Maxillaire. B) Mandibule. C) plicature en baionnette.

#### 7.1.4.2. Courbures de deuxième ordre

Sont des courbures réalisées dans un plan vertical, qui ont pour rôle de contrôler la direction mésio-distale de l'axe des dents.

- Lorsque la portion d'arc distale à la pince est pliée en direction gingivale cette courbure est appelée " tip back bend ", qui provoque une version corono-distale des dents.
- Lorsque la portion d'arc distale à la pince est pliée en direction occlusale cette courbure est appelée " tip forward", qui provoque une version corono-mésiale des dents.[4]

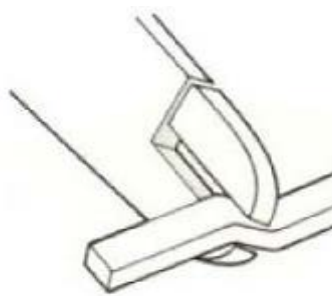


Figure 85. Courbure 2ème ordre.

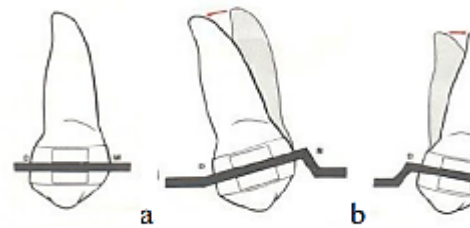


Figure 86. a) Tip-forward b) Tip-back bend.

### 7.1.4.3. Courbures de troisième ordre

Ce sont les dernières à être introduites sur l'arc l'une des pinces servant d'étau reste immobile, l'autre pince effectue un mouvement de torsion. Cette modification de forme de l'arc s'appelle le torque. Le torque désigne donc un état et pas un mouvement. [4]

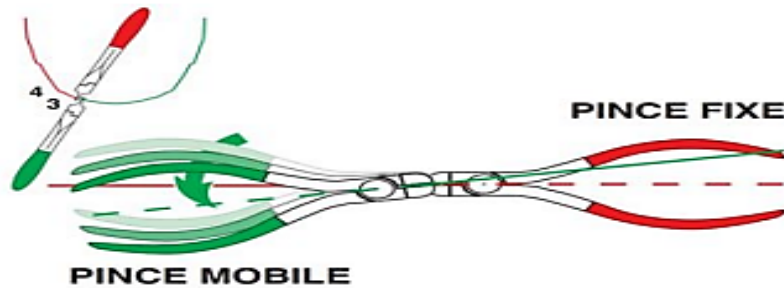


Figure 87. Schéma descriptif de la réalisation du torque par 2 pinces.

### 7.1.5. Le positionnement des brackets [74]

Les brackets devront être bien positionnés dans le sens vertical et horizontal. La distance entre le bord libre des dents et la lumière des bracket devra être respectée en fonction de la position idéale des dents sinon il y aura modification de la courbe de Spee et ce au moyen de « jauge orthodontique ».

- Au maxillaire : les brackets sont collés au centre de la face vestibulaire de la dent dans le sens mesiodistale pour les deux arcades. Pour les incisives, les brackets sont placés à 4mm du bord libre des centrales, et à 3.5mm du bord libre des latérales. Ils sont placés à 4.5mm du bord libre de la canine, cet emplacement plus apical va nous aider à avoir une protection canine. Enfin, au niveau des prémolaires, et molaires ils sont collés à 3.5 mm du sommet des cuspidés.
- À la mandibule : Les brackets sont positionnés à 3.5mm de bords libres des incisives. Ils sont placés à 3.5 mm du bord de la canine. Au niveau des prémolaires, ils sont collés à 3.5 mm du sommet des cuspidés.

Tableau 2. Positionnement des bracket en technique Edgewise.

	Incisive Centrale	Incisive Latérale	Canine	Prémolaire	Molaire
Maxillaire	4	3.5	4.5	3.5	3.5
Mandibule	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5

Puis le collage des brackets se fait soit par la méthode de collage direct ou bien par la méthode de collage indirect.

## 7.2. Selon Andrews

En 1971, Andrews conçoit et commercialise un nouvel ensemble d'attaches. Il s'agit d'un appareil multiattache avec une mécanique dite « d'arc droit » ce type de mécanique est obtenu par l'utilisation des consoles incorporant l'ensemble des informations dans les trois sens de l'espace (informations programmées dans le bracket de 1er, 2e et 3e ordre). Ces informations permettent un placement idéal de la denture en utilisant des arcs neutres, plats exempts de toute déformation.

La traduction de straight wireappliance est la suivante :

- Straight = droit
- Wire = fil métallique
- Appliance = appareil.[75]

#### 7.2.1. Concepts d'Andrews [76, 77]

Comme base de départ, il sélectionne les moulages de 120 dentures idéales d'adultes n'ayant jamais subi de traitement orthodontique.

Cette sélection n'est pas faite à partir de critères d'âge, de sexe, de typologies ou autres, mais essentiellement à partir d'un certain nombre de constantes d'engrènement occlusal statique, faciles à retrouver à l'examen clinique, qu'il appelle « les six clefs de l'occlusion optimale ».

La **clef N°1** précise les relations interarcades : elle comporte sept points parmi lesquels :

- La cuspide mésiovestibulaire de la première molaire permanente vient en occlusion dans le sillon vestibulaire de la première molaire mandibulaire, entre les cuspidés mésiale et médiane ;
- Le rebord marginal distal de la première molaire maxillaire vient au contact du rebord marginal mésial de la seconde molaire mandibulaire, ce qui impose une position plus distale de la première molaire maxillaire que celle décrite par angle ;
- La canine maxillaire a un rapport cuspide-embrasure avec la canine et la prémolaire mandibulaire, le point de la cuspide étant légèrement mésial par rapport à l'embrasure ...

La **clef N°2** détermine l'angulation des couronnes : toutes les couronnes de l'échantillon ont cette version mésiale, cette version étant similaire pour chaque type de dent.

La **clef N°3** détermine l'inclinaison des couronnes (improprement appelée torque). Andrews fait les constatations suivantes :

- L'inclinaison est positive sur la plupart des incisives maxillaires, c'est-à-dire qu'elles présentent un torque coronovestibulaire ;
- L'inclinaison est légèrement négative sur les incisives mandibulaires, c'est-à-dire qu'elles présentent un torque coronolingual ;
- L'inclinaison est négative sur les secteurs latéraux supérieurs, légèrement plus marquée sur les premières et deuxièmes molaires maxillaires ;
- Au niveau de dents postérieures mandibulaires, l'inclinaison est négative progressivement plus marquée de la canine à la seconde molaire.

La **clef N° 4**, c'est l'absence de rotation.

La **clef N°5**, c'est l'absence de diastème s'il n'y a pas de dysharmonie dentodentaire.

La **clef N° 6**, c'est une courbe de Spee plate ou légèrement concave.

C'est à partir de cet échantillon qu'Andrews va ensuite effectuer ses mesures selon un protocole d'examen comportant : [78]

L'établissement de l'axe vestibulaire de chaque couronne clinique qu'il appelle facial axis of the clinical crown(FACC) ;

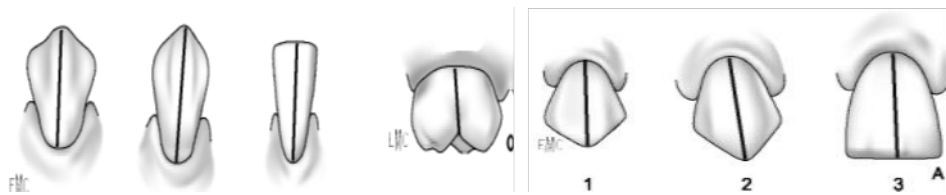


Figure 88. Axe vestibulaire de la couronne clinique FACC.

L'établissement du point facial axis (FA) ; (Le point facial axis (FA) est le point situé sur l'axe de la couronne clinique qui sépare par moitié la partie gingivale de la couronne de la partie occlusale).

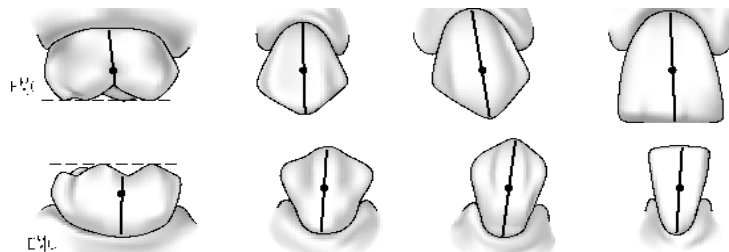


Figure 89. Situation des FACC et des FA sur les différentes dents [77].

L'établissement d'un plan d'occlusion passant par l'ensemble des points FA sur l'ensemble des moulages.

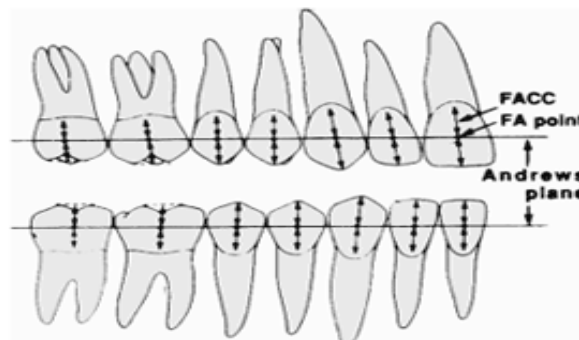


Figure 90. Plan médian d'Andrews [77].

Il mesure :

- L'angulation des couronnes de chaque type de dents, c.à.d. l'angle formé par l'axe vestibulaire de la couronne clinique (FACC : facial axis of the clinical crown.), avec une ligne perpendiculaire au plan d'occlusion ;
- L'inclinaison (ou torque) des couronnes c.à.d. l'angle formé par une ligne perpendiculaire au plan d'occlusion avec une ligne tangente et parallèle au FACC au niveau du point médian de la couronne (FA : Le point facial axis) ;
- L'épaisseur et la particularité des reliefs vestibulaires à partir d'une ligne idéale joignant les points FA.

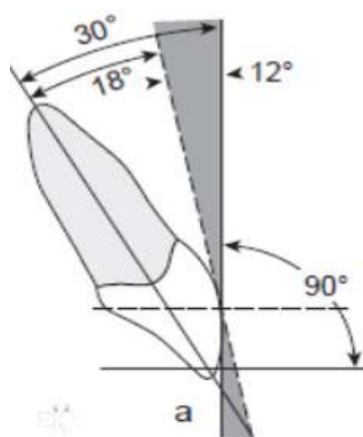


Figure 91. Calcul de l'information de troisième ordre.

### 7.2.2. Choix de l'appareil [77]

Un large éventail de brackets a été créé pour satisfaire aux besoins d'orthodontistes.

Cependant, l'expérience a montré que certains points clés doivent être tenus pour essentiels:

- Gorge: .022X.028 ;
- brackets doubles ;
- Chaque bracket doit correspondre à une dent et posséder un torque dans sa base ;
- Les attachements sur 1re et 2e molaires doivent comporter un crochet ;
- Le tube de .045 pour les FEB doit être gingival sur les 1res molaires supérieures ordre.

### 7.2.3. Positionnement des brackets[77]

Avant le collage, il est important de s'assurer que la base du bracket épouse bien la surface vestibulaire ; il est important aussi que la colle ne soit pas en excès sous la base du bracket.

Le bon positionnement dépend de :

La hauteur des centres des brackets : elle est classique, on notera cependant la position plus gingivale du bracket de la 2e prémolaire inférieure, ceci afin de faciliter le nivellement de la courbe de Spee.

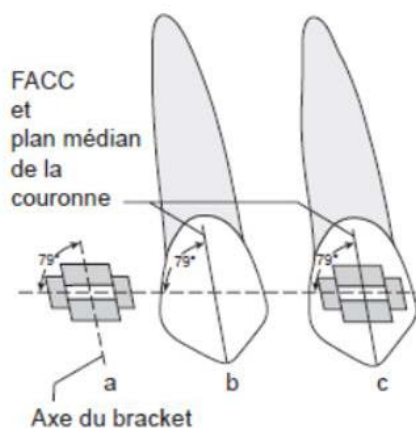


Figure 92. Calcul de deuxième ordre.

Il est important de préciser que :

- Si le bracket est collé trop haut, cela diminue le torque ;
- S'il est collé trop bas, cela augmente le torque ;
- Du respect de l'axe général de la dent : qui permet aux courbures secondaires construites dans l'attachement de s'exprimer avec exactitude. Par exemple, un bracket trop enfoncé mésialement annulerait le tip.
- De la position mésio-distale de l'attachement :

Un bracket excentré mésialement ou distalement provoquerait des rotations parasites avec décalage des points de contact et non-alignement des crêtes cuspidiennes.

Tableau 3. Moyennes d'Andrews.

	Premier ordre (mm)	Deuxième ordre (°)	Troisième ordre (°)	Offset (°)		Premier ordre (mm)	Deuxième ordre (°)	Troisième ordre (°)	Offset (°)
U1	1,8	5	7		L1	2,3	2	- 1	
U2	2,25	9	3		L2	2,3	2	- 1	
U3	1,4	11	-7		L3	1,6	5	- 11	
U4	1,5	2	-7		L4	1,15	2	- 17	
U5	1,5	2	-7		L5	1,15	2	- 22	
U6	1	5	-9	10	L6	1	2	- 30	0
U7	1	5	-9	10	L7	1	2	- 35	0

#### 7.2.4. Avantages du système

À partir des valeurs moyennes ainsi établies, il devenait donc en principe possible de mettre en place, dans une grande variété de cas, des arcs exempts de déformations, avec l'avantage d'une information éminemment reproductible, sans ajustements aléatoires d'un arc à l'autre. L'information étant maintenant dans le bracket, le Straight-wire permettait et permet toujours de soulager considérablement le praticien dans la confection de ses arcs.

Au niveau du premier ordre, l'information programmée dans le bracket permet d'effectuer une grande partie du traitement sans déformations de l'arc. Au niveau du deuxième ordre, l'angulation des dents est directement programmée et rapidement mise en place dès les premiers arcs. L'information moyenne ainsi incorporée permet en principe de conserver l'angulation physiologique de la dent, même pendant les mouvements de translation. Pour respecter cette angulation, l'axe du bracket doit être parfaitement superposé à l'axe de la couronne clinique. Toute erreur de placement entraîne une modification de l'angulation programmée. Au niveau du troisième ordre, l'inclinaison des dents est fixée par une information programmée qui est lue progressivement par l'augmentation du calibre des arcs.

### 7.2.5. Inconvénients du système original d'Andrews

Ce nouveau concept et ce nouvel appareil ont donc été à l'époque très favorablement accueillis. Les premiers résultats furent cependant relativement décevants car ce premier Straight-wire se révéla mal adapté aux contraintes thérapeutiques.

La démarche initiale d'Andrews présentait en effet un certain nombre d'inconvénients :

- Difficulté d'un placement précis pour conserver la valeur des informations programmées, et en particulier du torque. En effet, comme toujours en Edgewise, la valeur de l'information de troisième ordre est déterminée par la face vestibulaire, c'est-à-dire par l'angle que fait le grand axe de la dent avec la tangente à cette face vestibulaire. Toute modification de cet angle en fonction de la hauteur de placement du bracket ou de la courbure de la face vestibulaire entraîne une modification de la valeur effective du torque incorporé.

La même constatation peut être faite pour toutes les dents, avec pour certaines des différences d'informations potentielles considérables. Comme l'ont montré Germane ou Vardimon, la hauteur de placement de l'attache a donc une influence directe sur la valeur effective de l'inclinaison de la dent mais, à cause de la différence de signe du torque incorporé, la réaction n'est pas identique selon le secteur dentaire concerné.

- Les moulages collectés par Andrews et à partir desquels il définissait ses informations étaient essentiellement des moulages d'adultes, sélectionnés uniquement sur des critères d'occlusion statique (les six clefs), sans tenir compte d'autres critères tels que la typologie faciale, l'âge, etc.

Or on sait, par exemple, comme l'a fait remarquer Björk que l'inclinaison des incisives est beaucoup plus marquée chez les enfants que chez les adultes et que les incisives se redressent avec l'âge. Pour le traitement d'un enfant de 12 ans, par exemple, 7° d'inclinaison sur l'incisive centrale étaient donc insuffisants, surtout pendant les phases dynamiques du traitement où la perte d'information de torque est importante à cause du phénomène du jeu. D'autre part, le torque négatif important sur les secteurs

latéraux supérieurs, en particulier sur les canines, créait quelquefois des problèmes occlusaux à cause d'un verrouillage latéral trop important.

- Pendant les étapes de fermeture d'espaces ou la mise en œuvre de mécaniques interarcades, les dents des secteurs latéraux qui présentaient une angulation positive et étaient donc en situation de mésioversion ne constituaient pas un ancrage très valable.

De même, les molaires mandibulaires, sollicitées pendant les phases de rétraction intra- ou inter arcades, n'étaient pas soutenues par un système d'anti rotation.

Le système d'Andrews eut donc très vite la réputation d'être un « dévoreur d'ancrage »... [77]

### 7.3. Selon Roth

Ronald H. Roth a combiné certaines des valeurs de prescription de la fourchette standard avec certains des valeurs surcorrigées pour créer la « configuration Roth ».

La configuration Roth est devenue la prescription droite la plus populaire au monde. Roth l'a réalisée parce que la taille des brackets à ce moment-là a causé les interférences, il était pratiquement impossible de placer chaque dent dans sa position finale idéale. Il a également observé que lorsque les appareils ont été enlevés, les dents rebondissaient et se déposaient donc réciproquement. Par conséquent, il a légèrement surcorrigé certaines des valeurs originales d'Andrews dans les 3 plans de l'espace (l'angulation, l'inclinaison et la contre rotation) pour laisser les dents s'installer correctement dans la position finale idéale après retrait des appareils. Donc un meilleur contrôle de la partie antérieure de l'arcade et un renfort d'ancrage. Après la prescription Roth, un grand nombre de cliniciens sont sortis avec de petites variations soit à la prescription Andrews ou prescription Roth. La plupart de ces modifications ont été apportées à des fins commerciales, afin de compenser les erreurs inconnues dans la position des brackets, ou pour convenir à un particulier type de mécanique de l'orthodontiste.

Aujourd'hui, il existe un grand nombre d'appareils pré-informés appelé à tort d'arc droit uniquement parce qu'ils ont un couple intégré, et tip in/out. Cependant, s'ils ne sont pas fabriqués avec les fonctionnalités spécifiées précédemment, l'appareil ne transférera pas les informations intégrées correctement aux dents. [79]

**Roth-System**

Slot .022"		MAXILLARY										
		788-0511	788-0511	788-0311	788-0201	788-0101	787-0101	787-0201	787-0311	787-0511	787-0511	
		788-0501	788-0501	788-0301	-	-	-	-	787-0301	787-0501	787-0501	
		788-0501	788-0501	788-0301	-	-	-	-	787-0301	787-0501	787-0501	
		5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	
		Torque	-7°	-7°	-2°	+8°	+12°	+12°	+8°	-2°	-7°	-7°
		Angulation	0°	0°	+11°	+9°	+5°	+5°	+9°	+11°	0°	0°
		In/Out	0,9	0,9	0,9	1,5	1,0	1,0	1,5	0,9	0,9	0,9
		Rotation	2° distal	2° distal	4° mesial	-	-	-	-	4° mesial	2° distal	2° distal
		Torque	-22°	-17°	-10°	0°	0°	0°	0°	-10°	-17°	-22°
		Angulation	0°	0°	+7°	0°	0°	0°	0°	+7°	0°	0°
		In/Out	0,7	0,7	0,9	1,5	1,5	1,5	1,5	0,9	0,7	0,7
		Rotation	4° distal	4° distal	2° mesial	-	-	-	-	2° mesial	4° distal	4° distal
		5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	
		788-1611	788-1511	788-1411	787-1201	787-1201	787-1201	787-1201	787-1411	787-1511	787-1611	
		788-1601	788-1501	788-1401	-	-	-	-	787-1401	787-1501	787-1601	

Figure 93. Kit brackets Roth métallique.

#### 7.4. La technique linguale

L'orthodontie linguale consiste à corriger une malocclusion en utilisant un appareil fixe collé sur la surface interne des dents. C'est une variante de l'orthodontie fixe vestibulaire classique dans laquelle les brackets, les fils, les ligatures, et tous les autres éléments auxiliaires sont gérés principalement à l'intérieur plutôt qu'à l'extérieur. Les attaches linguales fonctionnent de la même manière qu'un appareil fixe traditionnel. Le contrôle parfait des dents et l'invisibilité des brackets permet aux patients qui refusent de porter un appareil visible d'avoir accès aux soins qui leur convient.

Le premier appareil orthodontique lingual a vu le jour au milieu des années 1970 au Japon par C. Kurz et K. Fujita, fait justement pour répondre à une demande esthétique. En revanche, ce concept remonte bien plus loin, en 1907 où Edward H. Angle qui a décrit pour la première fois un appareillage prenant appui sur la face interne des dents. Ces systèmes ont été quasiment abandonnés au cours des années 1980 quand il est devenu évident qu'il n'était pas possible d'atteindre des résultats cliniques identiques à ce qu'apportait la technique vestibulaire. La principale raison de cet échec réside dans le fait que cette approche clinique linguale révolutionnaire n'a pas été accompagnée d'une approche technologique aussi efficace. Au contraire de la surface vestibulaire, la surface linguale des dents présente des différences importantes nécessitant la conception de solutions spécifiques au type d'application. Ce n'est que lorsque les brackets ont été spécifiquement conçus pour la surface linguale qu'on a assisté à une amélioration. L'évolution clinique et technologique a rendu cette technique de plus en plus prisée. Les patients l'exigent pour son invisibilité totale. Aujourd'hui, son efficacité est comparable à celle des autres techniques disponibles. [80]

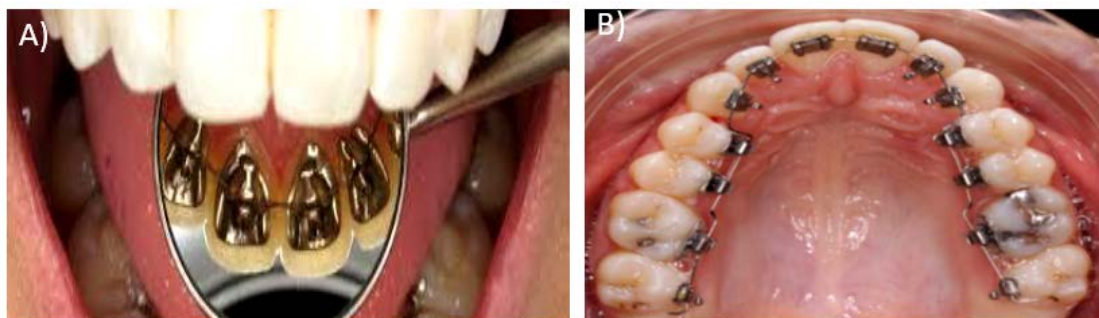


Figure 94. Collage par technique linguale.

#### 7.4.1. Les approches de l'orthodontie linguale fixe

Il existe actuellement deux types d'approches pour l'orthodontie linguale fixe : les systèmes pré-usinés et les systèmes individualisés.

##### 7.4.1.1. Les systèmes pré-usinés

Les systèmes pré-usinés sont identiques pour tous les patients. Ils présentent des informations de torque et d'angulation qui ne sont en fait que des pré-informations standards. Le marché offre des brackets auto-ligaturants avec clips, slots verticaux auxiliaires, système d'insertion occlusal ou lingual, pré-informés ou Edgewise, de toutes formes et dimensions. [81]

##### 7.4.1.1.1. Boîtiers conventionnels

- **Génération 7 d'Ormco®(KRUZ)**

Ce système a dominé l'orthodontie linguale pendant de nombreuses années. C'est un boîtier volumineux à gorge horizontale pré-informée. Il présente un plan de morsure sur lequel s'appuient les incisives inférieures. Ce plan est suffisamment dégagé de la base métallique pour permettre la pose simultanée d'une ligature métallique et d'un module élastique. La base métallique est décalée par rapport au slot, ce qui permet de placer les attaches le plus bas possible sans diminuer la surface de rétention du matériau de collage et sans être en contact avec la gencive. [81]

- **Magic de Dentaureum**

Ces boîtiers, mis au point par Olivier Sorel, sont en alliage de CoCr et donc exempts de nickel. Ils sont construits en une seule pièce avec une rétention structurée au laser et des crochets intégrés dans le corps de l'attache. Leur gorge a une section d'une forme carrée. [81]



Figure 95. Bracket (Ormco©).

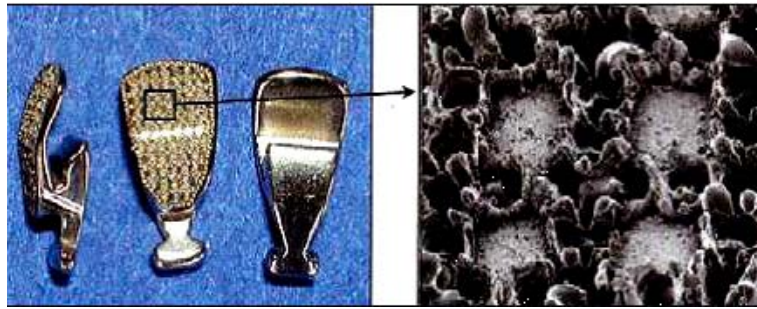


Figure 96. Boîtiers Magic de Dentaurum.

- **Le bracketSTb**

Le bracket appelé STba été inventé par SCUZZO et TAKEMOTO en 2003. Il possède un slot horizontal d'une épaisseur de 1,5 mm. Il possède deux torques, mais ne possède pas de crochets. L'utilisation d'arcs de faible section est basée sur le principe « faible force / faible friction ». Il présente plusieurs avantages : il est beaucoup plus petit et facilite l'utilisation de forces légères à faible frottement. Ses dimensions réduites augmentent également le confort pour le patient et facilitent l'entretien. La distance inter-brackets accrue avec ce système améliore l'efficacité biomécanique.

Le nouveau boîtier STb (2009) est décalé gingivalement sur sa base pour effectuer un collage au plus près du rebord gingival et de la dent. On évite ainsi les interférences occlusales en se situant dans une zone où il y a peu de différences morphologiques entre les différentes faces linguales. [81]



Figure 97. Bracket orthodontique en métal STb.

#### 7.4.1.1.2. Les boîtiers auto-ligaturants

- **In-Ovation L**

Il s'agit d'un boîtier biplot auto-ligaturant interactif de petite taille et d'épaisseur très réduite avec une gorge horizontale. Sa base est incurvée pour épouser la forme des faces linguales. [81]

- **2D (Forestadent)**

C'est une attache simplifiée, pseudo auto-ligaturante, mise au point par Julien Philippe en 1984. Elle est constituée d'une plaquette à rétention par grille sur laquelle des ergots sont soudés. Les ergots en forme de demi-cercle maintiennent un arc rond en se refermant dessus, elle est la plus plate au monde avec une épaisseur totale de seulement 1,3 à 1,65 mm. En combinaison avec ses bords arrondis et ses surfaces lisses, il est à peine perceptible pour le patient. Le profil bas garantit le maintien de l'arc près de la surface de la dent, permettant une biomécanique efficace du système, notamment pour la correction des inclinaisons et des rotations dentaires. Ce sont les meilleurs brackets en termes de confort. Ils sont très faciles à insérer, ce qui fait du traitement lingual a minima, idéale pour les nouveaux patients de cas simple d'alignement sans prise en charge du torque. [81]

En 2005, une deuxième génération de brackets 2D est apparue avec quatre types d'attaches différentes. Actuellement les brackets 2D sont évolués vers la troisième génération :

- bracket lingual 2D avec un crochet en T pour fixer des chaines élastiques ;
- bracket lingual 2D avec un crochet gingival pour l'application d'élastique intermaxillaire ;
- bracketlingual 2D Plus, avec une fente supplémentaire permettant l'application de couple sur une seule dent et donc la possibilité d'agir sur le torque. Cela offre l'option d'ajuster la rotation des dents et atteindre une position dentaire optimale. [82]

#### 7.4.1.1.3. Les fils

Les fils utilisés sont préformés et possèdent un décalage important au niveau des canines/prémolaires pour pouvoir travailler correctement la forme de l'arcade. Le Copper-NiTi est utilisé pour le nivellement, l'acier pour les mécaniques de glissement, et le TMA pour la finition. Des nouveaux fils BioLingual en forme de champignon sont disponibles en six formes différentes et chaque forme est disponible en 4 tailles différentes. [81]



Figure 98. 2D lingual.



Figure 99. In-Ovation L.



Figure 100. Arc NiTi lingual.

#### 7.4.1.2. Les systèmes individualisés[83]

Grâce à l'évolution de la technologie et aux travaux du Dr. Dirk Wiechmann, il a été possible de réaliser des brackets développés avec des technologies CAD/CAM (Conception Assistée par Ordinateur / Fabrication Assistée par Ordinateur) qui reposent sur la surface linguale de chaque dent : c'est le système Incognito.

- **Le système Incognito**

Le système Incognito a été élaboré en 2002. Ensuite, il a été développé et diffusé dès 2004 par Dr. WIECHMANN. Ce système a permis d'avoir pour la première fois une approche totalement individualisée capable de prévenir les problèmes d'adaptation entre la base du bracket et la surface linguale. Par ailleurs, cette approche emploie un arc personnalisé capable de mieux contrôler les mouvements des dents.

Le système Incognito a ouvert la voie à différents systèmes orthodontiques linguaux réalisés entièrement sur mesure, basés sur la surface linguale réelle des dents et sur les différentes formes d'arcade. [83]



*Figure 101. System Incognito.*

- **Les attaches coulées**

Ce sont des systèmes sur mesure coulés au laboratoire, pouvant englober plusieurs dents. On peut même joindre aux attelles des auxiliaires.[83]

- **Brackets conçus par technologie 3D**

Après la mise en place de la configuration virtuelle, les attaches sont conçues numériquement et individualisés à chaque dent. Le praticien sélectionne le type d'attache dans une bibliothèque du logiciel, tout type peut être numérisé. Ensuite une imprimante 3D est utilisée pour l'impression en réel. [83]

#### 7.4.2. Collage indirect par technique linguale au laboratoire

En technique linguale, la distance entre la lumière du bracket et la face vestibulaire entraîne une expression accentuée de toute erreur de positionnement. L'accès à la zone linguale, la visibilité, et la faible distance inter-bracket limitent les possibilités de compenser les défauts. Ainsi, le collage indirect par gouttières de transfère est indispensable et doit être la méthode la plus précise pour assurer un traitement de bonne qualité.

7.4.2.1. Techniques

Parmi les techniques de collage indirect au laboratoire on cite :

a. Le TARG : Torque Angulation Référence Guide

Cette technique a été développée par Fillion. Cet outil permet de positionner les attaches directement sur les modèles de malocclusion du patient de telle sorte que les faces vestibulaires des dents soient en continuité. Le vide entre la base métallique d'attache et la face palatine dentaire est comblé par la résine afin d'obtenir une attache individualisée qui épouse la forme de chaque dent. [75]

Plus tard, des améliorations ont été attribuées au TARG donnant naissances à plusieurs systèmes. Deux exemples peuvent être donnés, le TARG2 en ajoutant un AME (Appareil de Mesure d'Épaisseurs) et le système BEST (Bonding WithEqualSpecificThickness). Ce dernier est le système le plus employée actuellement. Il comporte un comparateur de mesure des épaisseurs permettant de travailler en arc droit. [84]

**FILLION STANDARD PRESCRIPTION**

**NON-EXTRACTION**

UPPER	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27
Angulation	0°	0°	0°	0°	10°	8°	3°	3°	8°	10°	0°	0°	0°	0°
Torque	-9°	-9°	-7°	-7°	-2°	5°	14°	14°	5°	-2°	-7°	-7°	-9°	-9°
Height					+0,5					+0,5				

LOWER	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37
Angulation	0°	0°	0°	0°	6°	4°	2°	2°	4°	6°	0°	0°	0°	0°
Torque	-27°	-25°	-16°	-12°	-7°	0°	0°	0°	0°	-7°	-12°	-16°	-25°	-27°
Height					+0,5					+0,5				

**EXTRACTION 4/4**

UPPER	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27
Angulation	-6°	-6°	-5°	X	14°	8°	3°	3°	8°	14°	X	-5°	-6°	-6°
Torque	-4°	-4°	-7°	X	0°	5°	24°	24°	5°	0°	X	-7°	-4°	-4°
Height				X	+0,5					+0,5	X			

LOWER	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37
Angulation	-6°	-6°	-5°	X	11°	4°	2°	2°	4°	11°	X	-5°	-6°	-6°
Torque	-27°	-25°	-16°	X	-2°	5°	5°	5°	5°	-2°	X	-16°	-25°	-27°
Height			+0,5	X	+0,5					+0,5	X	+0,5		

Figure 102. Prescription standardiséTARG.

b. Le système Orapix

Ce système se distingue par un positionnement des attaches virtuel entièrement informatisé et individualisé. Lancé au marché en 2003 par la KCI (korean Computer Information), il consiste à réaliser la conception virtuelle d'un set-up à partir des modèles de malocclusion scannés. Sur ce set-up, des attaches virtuelles (tout type d'attaches commercialisées peut être numérisé), et le type d'arc choisi sont placées. Ensuite, à l'aide de la technologie CAD-CAM, la fabrication des gouttières de transfère customisées peut être

réalisée. Ce système donne l'avantage d'offrir un positionnement d'attaches très précis, une aide au choix thérapeutique, ainsi qu'une diminution du risque d'erreurs. [85]

#### 7.4.2.2. Les gouttières de transfères

Une fois toutes les attaches collées sur le modèle, une gouttière de transfère thermoformée est confectionnée et fabriquée sur mesure pour chaque patient. Il existe différents types : Silicone dur opaque, Mémosil, double gouttière Bioplast. Les gouttières de transfères assure un collage précis et une position exacte des brackets sur la face linguale des dents.

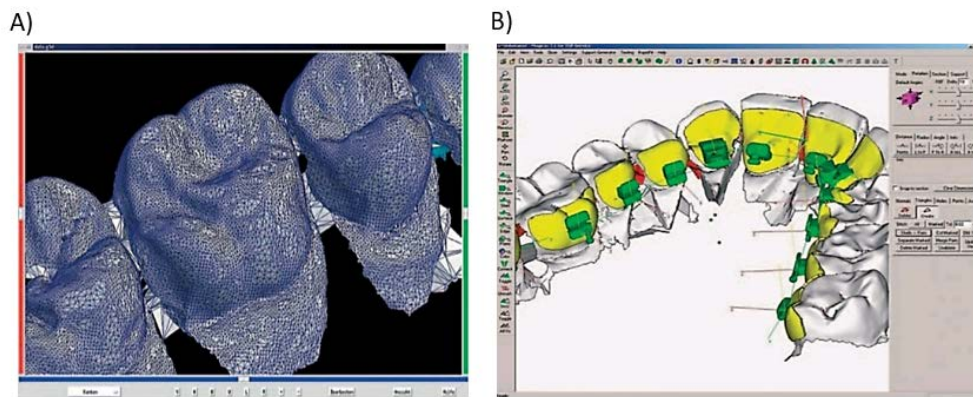


Figure 103. Set-up virtuel. B) Fusionnement virtuel des attaches.



Figure 104. Gouttières de transfère des attaches bioplast.

#### 7.7.3. Collage précis des brackets orthodontiques linguaux avec la technique KommonBase

Le système le plus récent en orthodontie linguale, lancé en 2008 par Dr Komori au Japon. Contrairement aux autres techniques, c'est un système de collage direct. Les brackets utilisés sont conçus par la technologie 3D et possèdent une base de résine large qui permet d'enrober la majorité des faces linguales avec leurs anatomies (cingulum, crête marginale, etc.). Il sert aussi de repère et permet de positionner et d'ajuster les brackets avec précision tout en améliorant la force de liaison. De plus, les gouttières de transfert ne sont pas nécessaires en raison de la configuration autopositionnante du système KommonBase. [86]

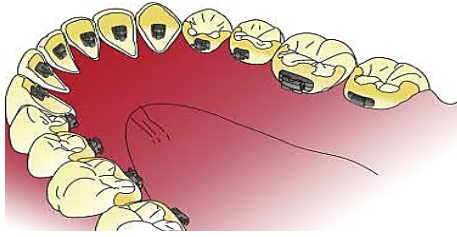


Figure 105. System *kommonBase* pour la fixation directe des brackets linguaux. (Le jaune représente la base étendue formée à partir de la résine de *kommonBase*).



Figure 106. Adhésif orthodontique en résine *kommonBase*.

#### 7.7.4. Avantages et inconvénients de la technique linguale

- **Avantages**[87]

- La technique linguale offre une valeur esthétique élevée. L'orthodontie linguale représente une alternative esthétique compatible avec les systèmes orthodontiques vestibulaires classiques. C'est la seule technique avec des brackets invisibles. C'est pourquoi les patients exigeants la préfèrent ;
- Elle n'endommage pas l'émail vestibulaire. L'apparition des taches blanches sur la surface de l'émail constitue aujourd'hui une inquiétude pour les praticiens mais aussi pour les patients. D'une part, pour des raisons esthétiques, de l'autre part, car elles représentent une carie primitive. Même en absence de facteurs de risque, les lésions blanches apparaissent au bout de quelques semaines. Par ailleurs, l'utilisation de la technique linguale réduit la décalcification de l'émail pendant le traitement orthodontique ;
- Elle est confortable pour les lèvres et les joues. La surface externe des dents est libre réduisant ainsi les irritations.
- Les résultats prévus (par réalisation d'un set-up) sont atteints avec précision permettant de mieux visualiser la position de chaque dent ;
- Elle favorise un contrôle plus facile des tissus parodontaux ;
- Grâce au collage indirect et les brackets préformés individualisés, leur positionnement est plus facile.

- **Inconvénients**[87]

- Coût plus élevé ;
- Limitations techniques ;
- En raison de la proximité des brackets avec la langue, l'élocution est plus difficile. Cela a un impact plus important sur la vie quotidienne des patients par rapport à ceux portant des appareils amovibles. Des troubles de la parole et des habitudes alimentaires ont été observés chez les patients de 15 à 16 ans. Certains patients utilisant la technique linguale ont besoin jusqu'à 3 semaines pour s'habituer à leurs appareils.

- Plus douloureux au niveau de la langue : plus de difficultés pour les fonctions orales et remise plus longue ;
- Des petites lacérations peuvent se former sur la langue ;
- Les interférences occlusales provoquent des décollages fréquents ;
- Le processus de finition est difficile sans l'utilisation des brackets individualisés ;
- En raison d'un espace inter-bracket réduit, les résorptions radiculaires sont légèrement plus fréquentes ;
- En raison d'un accès limité à la face linguale, leur nettoyage est plus difficile. Ainsi, une attention particulière à l'hygiène buccale est nécessaire ;
- En raison d'un mauvais nettoyage naturel et manuel du côté buccal, les plaques dentaires s'accumulent provoquant des gingivites ;
- Les difficultés d'insertion et de ligature de l'arc augmentent la durée d'intervention.

## 7.5. Technique Pitts [88, 89, 90]

### 7.5.1. Introduction

Au début des années 2000, le Dr Thomas Pitts et le Dr Dwight Damon ont créé ensemble les bagues auto ligaturantes DAMON, qui représentait à l'époque la technologie de pointe absolue. Cette nouvelle technologie permettait d'obtenir un gain de temps de 40% par l'élimination de la ligaturation des brackets, elle donne aussi des meilleurs résultats dans le but d'élargir les sourires tout en évitant l'extraction des dents comme les prémolaires. Cependant, leurs chemins se sont séparés au fil du temps, alors que la technique DAMON s'est arrêté à ce stade, la technique PITTS a connu un développement étonnant. Par ailleurs, le Dr Pitts propose une nouvelle génération des brackets pouvant éliminer les points faibles constatés sur la génération Damon.

Le remplacement des attaches élastiques par un tiroir coulissant dit "clapet", ayant pour but de maintenir le fil en place, n'était pas sans faille car cet arc n'arrivait jamais à remplir complètement le slot des bagues ce qui permettait un jeu, rendant difficile le contrôle sur les finitions des dents.

### 7.5.2. Apparition des bracket H4

En 2015 Dr Pitts crée avec l'aide d'orthodontics la 1<sup>ère</sup> génération des bagues en une seule pièce en réduisant la dimension des brackets à 22-26 au lieu des traditionnelles 22-28. Cette modification concerne aussi la réduction de l'épaisseur de l'arc. Contrairement à la séquence traditionnelle à 6 arcs, les appareils H4 n'utilisent que 4 arcs : 014 thermique, .018 x .018 thermique universel, .020 x .020 thermique et .020 x .020 Bêta Titane.

D'ailleurs, le Docteur Thomas Pitts avait réussi à rendre le traitement plus agréable, plus court et moins douloureux.



Figure 107. Bracket H4 auto-ligaturant.

### 7.5.3. L'innovation Pitts 21

Le Dr Pitts crée les appareils auto-ligaturants passives Pitts 21, qui sont des brackets à slot carrés plus petites que jamais dont la gorge est de  $0.21 \times 0.21$  comme leur nom l'indique. Plus que de simples brackets, Pitts 21 est une nouvelle méthode de travail avec des protocoles bien propres à elles pour créer de larges et beaux sourires à 12 dents, au lieu des sourires étroits à 6 dents. En outre, la réduction du slot à 21 au lieu du 26 a permis la création de 4 points de contact avec les arcs, ce qui a enfin permis d'éliminer les problèmes relatifs aux clapets et d'avoir un meilleur control des rotations.

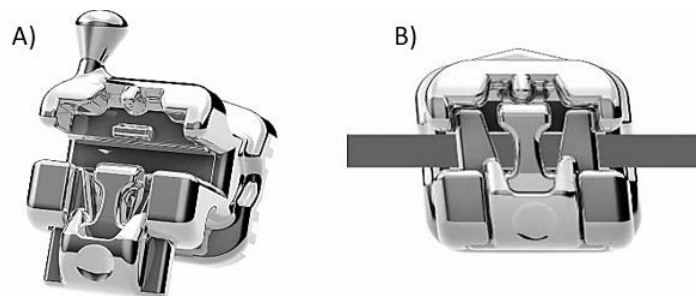


Figure 108. Brackets auto ligaturantpitts 21.

### 7.5.4. SAP (Smile Arc Protection)



Figure 109. Technique SAP vs technique traditionnel.

Grâce aux avancées actuelles dans la technologie orthodontique, il est possible de non seulement obtenir une excellente occlusion mais aussi d'améliorer l'esthétique du patient selon ses demandes.

Dans une vue frontale, l'arc du sourire, a été défini comme la relation entre la courbe des arêtes incisales des incisives et des canines supérieures avec la courbe de la lèvre

inférieure en position de sourire. Dans un arc de sourire idéal, la courbe de l'arête incisale supérieure est parallèle à la courbe de sourire minimale de la lèvre.



Figure 110. Arc de sourire.

Le positionnement précis des brackets est essentiel pour finir le traitement avec une excellente occlusion et un beau sourire.

Anciennement le collage des brackets enseigné dans les universités dentaires est mal adapté pour l'obtention d'une esthétique optimale, par exemple si l'on suppose que tous les patients ont des incisives maxillaires centrales situées à 4,5 mm au-dessus de l'arête incisale, des incisives latérales à 4 mm et des canines à 5 mm, et que l'orthodontiste échoue à prendre en compte la relation entre les arêtes incisales et la lèvre inférieure, les critères esthétiques ne seront pas atteints.

Le problème du collage des brackets est considéré comme challenge pour beaucoup d'orthodontistes est allégé par l'utilisation de jauge et de tableaux adaptés, que l'on utilise un collage direct ou indirect.

Parmi les tableaux il existe ce de la technique Alexander qui utilise la hauteur de la prémolaire (X dans le tableau Vari-Simplex pour la hauteur des brackets) pour positionner les brackets de tout l'arc. Par exemple, si la hauteur normale de la rainure d'un bracket de prémolaire est de 4,5 mm à partir de la cuspide occlusale, les autres hauteurs indiquées par ce tableau seraient 5,0 mm pour une canine, 4,0 mm pour une incisive latérale et 4,5 mm pour les incisives centrales.

Tableau 4. Le tableau Vari-Simplex pour la hauteur des brackets.

	Maxillaire	Mandibule
--	------------	-----------

Centrale	X	X - 0.5mm
Latérale	X-0.5mm	X - 0.5mm
Canine	X+0.5mm	X + 0.5mm
Prémolaire	X	X
1ère Molaire	X-0.5mm	X - 0.5mm
2ème Molaire	X-1.0mm	X - 0.5mm

L'autre tableau c'est le tableau MBT™ qui propose un autre guide communément utilisé pour le collage des brackets. Il donne des positions moyenne pour les brackets de l'arc maxillaire de 4,5 mm pour une première prémolaire (X – 0,5 mm), 5,0 mm pour une canine (X), 4,5 mm pour une incisive latérale (X – 0,5 mm), et 5,0 mm pour une incisive centrale (X)

Ces techniques de placement de bracket, ainsi que d'autres, offrent précision et reproductibilité. Mais malheureusement le placement des brackets avec ces écarts de hauteur a tendance à aplatir la courbe du sourire.

Ackerman, et al ont évalué les arcs de sourire des patients traités ou non traités dans leurs propres pratiques. Presque 40% des patients qu'ils avaient traités présentaient des changements visibles dans l'arc du sourire avec un aplatissement dans 32% des cas. Dans le groupe qui était le groupe traité avec le SAP, 13% présentaient des changements dans l'arc du sourire, mais l'aplatissement n'apparaissait que dans 5% des cas.

Donc Le Dr TomàsCastellanos a quantifié ce positionnement esthétique en mesurant la longueur des dents. C'est donc une réalisation « Tom-Tom » pour guider le placement vertical des brackets, en fonction de l'effet sur l'arc de sourire. Par conséquent, le tableau se nomme Guide Position Smile-Arc (GPS-A).

Avant d'utiliser le tableau, certains patients ont besoin d'un reshaping des dents pour obtenir une morphologie idéale pour chaque dent. Cette procédure améloplastique est basée sur l'étude d'un modèle en plâtre et n'enlève que le minimum nécessaire de l'émail dentaire. L'améloplastie se fait notamment sur les crêtes marginales prononcées des surfaces linguales, sur les angles des incisives et des crêtes incisales, ainsi que sur les surfaces vestibulaires irrégulières. Les surfaces vestibulaires irrégulières empêchent le placement optimum des brackets, ce qui influe sur le contrôle des rotations et du torque.

Les marges gingivales sont aussi très importantes pour l'esthétique antérieure. Parfois, les cliniciens doivent opérer une gingivoplastie initiale au laser, en électro-chirurgie, ou avec une autre technique similaire.

Après avoir obtenu la morphologie dentaire idéale, la hauteur de collage des brackets dans l'arc maxillaire est sélectionnée comme il suit :

- 1) Mesurer la longueur de la couronne de la canine maxillaire, du bout de la cuspide à la marge gingivale (après reconstruction, reshaping ou gingivoplastie).
- 2) Trouver cette mesure dans les colonnes du tableau SAP (Smile Arc Protection) et choisir le nombre adjacent dans la ligne. Les nombres de cette rangée indiquent les positions de chaque bracket.

Sélectionner de la même manière les hauteurs pour poser les brackets des dents mandibulaires.

Tableau 5. Guide Position Smile-Arc (GPS-A).

Guide de POSITION SMILE-ARC TOM X TOM – Supérieur								Guide de POSITION SMILE-ARC TOM X TOM - inférieur							
GPS -A	1	2	3	4	5	6	7	GPS -A	1	2	3	4	5	6	7
12 mm	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.0	2.5	11m m	5.0	5.0	6.0	6.0	5.5	4.5	4.5
11m m	6.5	5.5	5.5	5.0	4.5	3.5	2.5	10m m	5.0	5.0	5.5	5.5	5.0	4.0	4.0
10m m	5.5	5.0	5.0	4.5	4.0	3.0	2.0	9m m	4.5	4.5	5.0	5.0	4.5	3.5	3.5
9m m	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	2.5	2.0	8m m	4.0	4.0	4.5	4.5	4.0	3.0	3.0

### 7.5.5. Personnalisation du tableau pour les cas traités avec extraction de prémolaire

Quand l'orthodontiste décide que c'est la meilleure option c'est l'extraction, le tableau peut être personnalisé. Pour faire cela, le segment antérieur est géré comme normalement indiqué dans le tableau SAP, mais le décalage entre la prémolaire et la canine sera de 0,5 mm dans tous les cas, et le décalage entre la prémolaire et la molaire sera de 1 mm dans tous les cas, afin éviter les interférences d'échelons inadéquats dans ces segments.

### 7.5.6. Avantages dérivés de l'utilisation de ce tableau

- Une réduction des erreurs de positionnement, qui peuvent être évitées grâce à une meilleure précision ;
- Réduire le temps passé sur la chaise et l'inconfort du patient ;
- Épargner plusieurs mois de traitement, c'est un outil efficace pour motiver les patients ;
- Permet un meilleur contrôle des valeurs de torque ;
- La reproductibilité, et la prédictibilité du collage de bracket ;
- Une procédure de collage pratique et standardisée ;

- Éviter le repositionnement des brackets et/ou l'introduction excessive de fils de correction.

---

**CHAPITRE IV : LES VARIETES DES  
BRACKETS ORTHODONTIQUES**

---

## 1. Les brackets auto-ligaturants[91]

Les brackets auto-ligaturants sont une version plus rapide et plus douce des appareils fixes classiques. Comme son nom l'indique n'a pas besoin d'un système de ligature pour que l'arc reste bloqué au fond de la gorge. En effet le bras de fermeture fait partie intégrante de son anatomie ; c'est un élément mobile vestibulaire. D'autre part, ce bras s'œuvre en général occlusalement au maxillaire et gingivalement à la mandibule ce qui permet au praticien de conserver une excellente vision pour l'insertion de l'arc dans la gorge. Chaque boîtier porte sur sa face labiale une marque d'identification correspondant à la dent qui convient et qui peut être équipé d'une gouttière accessoire ou d'un crochet.



Figure 111. Bracket en métal auto-ligaturant Standard.

### 1.1. Avantages

- Ils réduisent la friction entre l'arc et les brackets ;
- Une hygiène bucco-dentaire plus facile et plus confortable ;
- La durée du traitement peut être réduite ;
- Le temps de rendez-vous avec l'orthodontiste est réduit ;
- Il offre une alternative esthétique ;
- Les bracelets en verre saphir sont plus discrets.

### 1.2. Inconvénients

- Prix élevé par rapport aux supports traditionnels ;
- Il n'est pas invisible ;
- La difficulté d'ouverture en présence d'excès de composite ou de tartre ;
- La fermeture accidentelle des clips avant l'insertion complète du fil et l'ouverture involontaire avec certains fils NiTi.

Il existe deux catégories de boîtiers auto-ligaturants, soit les passifs ou les actifs. Ces deux termes proviennent en fait du mode d'action de la portière du boîtier sur le fil orthodontique.

Les systèmes actifs utilisent un élément flexible (en acier, NiTi, ou Elgiloy) pour maintenir l'arc dans l'attache et autorisent ainsi une certaine déformation du mur vestibulaire. Ils exercent une force repoussant l'arc au fond de la gorge, dans le but d'obtenir un meilleur contrôle des rotations et du torque. [92]

Le boîtier passif pour sa part est muni d'une portière qui se ferme en glissière et qui n'exerce pas de pression sur le fil orthodontique. Le but est de minimiser la friction et ce, à tous les stades du traitement. [92]

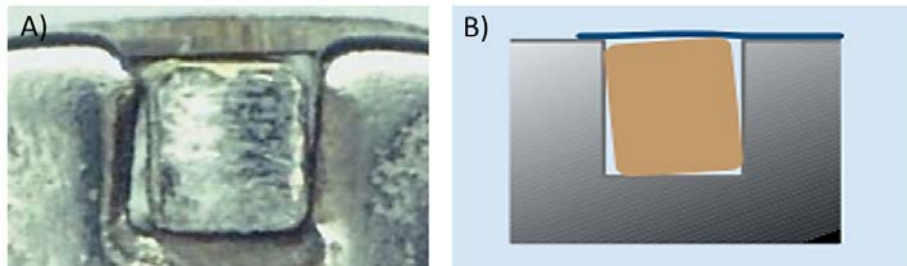


Figure 112. Bracket auto-ligaturant passive [92].

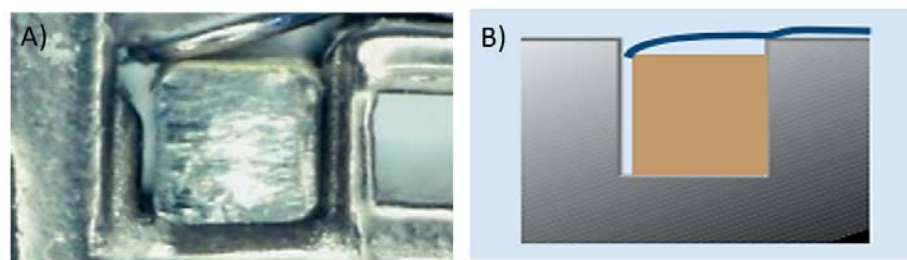


Figure 113. Bracket auto-ligaturant active [92].

### 1.3. Evolution des brackets auto-ligaturants

#### 1.3.1. Therussel attachement : (système passif)

Ce boîtier comprend une vis à tête plate, qui vient se visser sur la face externe du boîtier. [93]

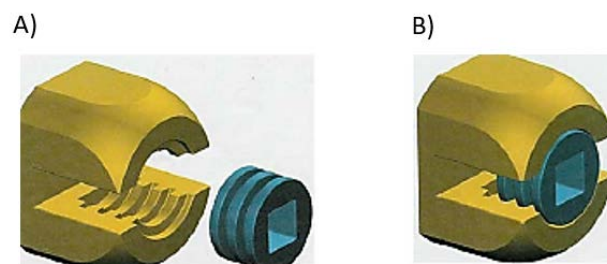


Figure 114. The russel attachement.

#### 1.3.2. L'EDGELOCK : (système passif)

Ce boîtier comprend un corps rond et un capuchon labial rigide qui vient coulisser pour fermer la gorge. [94]

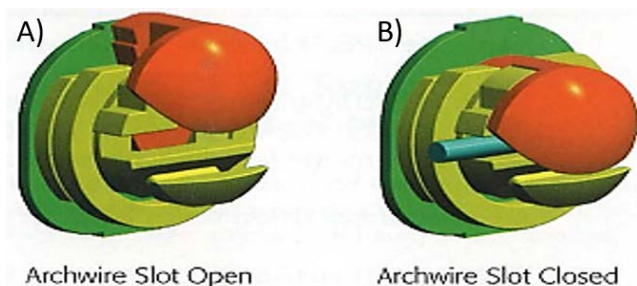


Figure 115. EDGELOCK.

### 1.3.3. Le SPEED : (système actif)

Son clip à ressort super élastique vient s'enrouler occluso-gingivalemment autour d'un minuscule corps de boîtier. Le clip s'ouvre occlusalement en insérant un instrument dans le petit pertuis sur la face vestibulaire du clip et se referme avec une pression du doigt. Le quatrième mur flexible ainsi formé, interagit avec l'arc et lui confère une configuration active. Le clip exerce une force légère et continue sur l'arc, ce qui permet le contrôle précis du mouvement de la dent. De plus celui-ci a la capacité de se réorienter dans les trois dimensions de l'espace jusqu'à ce que l'arc soit complètement enfoncé dans la gorge. [94]

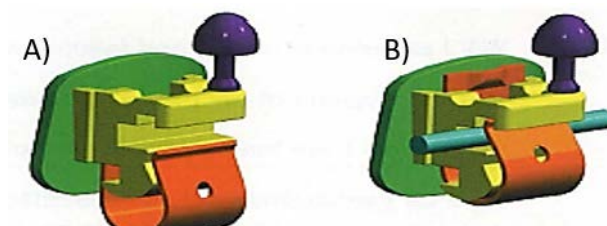


Figure 116. Le SPEED.

### 1.3.4. L'ACTIVA A 1986 : (système passif)

Constitué d'un corps de bracket cylindrique autour duquel vient s'enrouler un bras rigide qui coulisse occluso-gingivalemment. L'ouverture ainsi que la fermeture se fait aisément au doigt. [94]

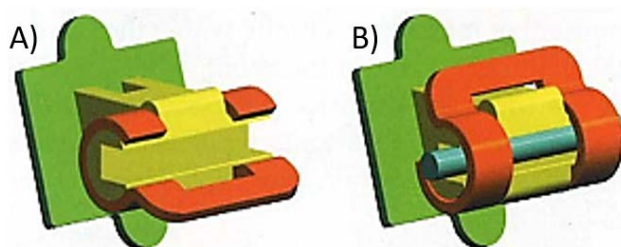


Figure 117. L'ACTIVA A.

### 1.3.5. LE DAMON SL : (système passif)

Son bras rigide coulisse glissant à la mandibule et occlusalement au maxillaire .de plus l'ouverture et la fermeture se fait à l'aide d'une pince spéciale. [93]

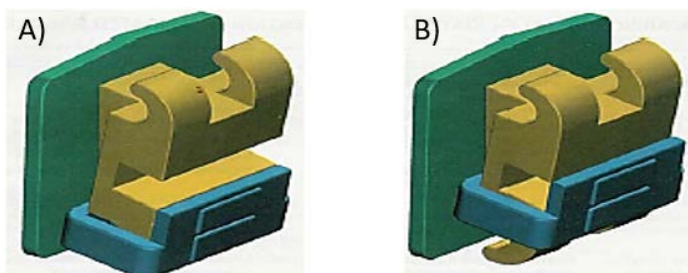


Figure 118. Le DAMON.

### 1.3.6. Le TWINLOCK : (système passif)

Conçu sur le modèle d'un boîtier EdgewiseTwin sur lequel vient se greffer une glissière plane rectangulaire et rigide qui vient coulisser entre les ailettes d'attache du boîtier. Le bras rigide de ce boîtier passif peut être mobilisée grâce à un détartreur universel pour l'ouverture (occlusalement) puis refermée au doigt. [93]

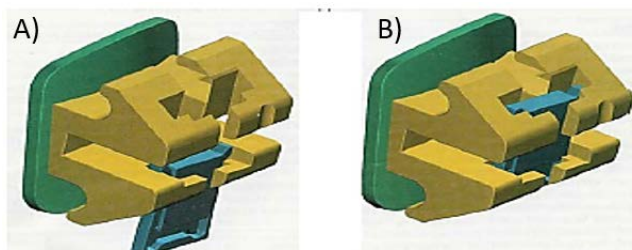


Figure 119. Le TWINLOCK.

### 1.3.7. INNOVATION : (système actif)

Ce boîtier possède quatre ailettes d'attache sur son corps et un bras courbé flexible en Elgiloy qui vient bloquer l'arc au fond de la gorge. Le contrôle du mouvement de la dent est donc optimal. [94]

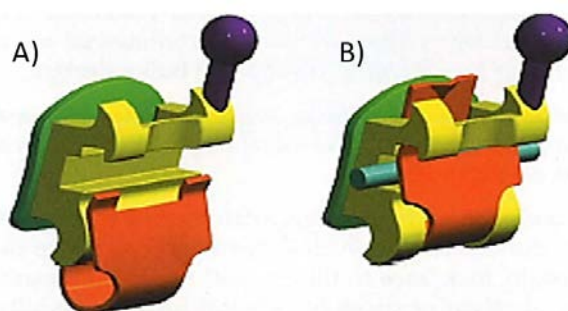


Figure 120. INNOVATION.

## 2. Les brackets de BEGG [95, 96, 97]

Raymond Begg, élève australien d'angle, a introduit à la profession sa propre technique d'appareil fixe à fil léger basée sur le concept de force différentielle, dans les années 1950. Les supports Begg intègrent une fente verticale ouverte et étroite mésio-distalement, dans laquelle un arc rond rigide est placé du côté gingival et maintenu en position par un système de verrouillage quick lock à l'aide d'un petit auxiliaire métallique dits lockpin. Il assure une liaison ponctuelle entre l'arc et la gorge du bracket. Les bases sont plates ou courbes. Ils peuvent être soudés à des bandes ou directement liés aux dents à des distances prédéterminées des bords incisifs ou des pointes de cuspide.

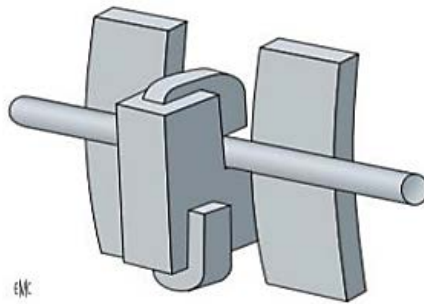


Figure 121. Bracket de BEGG.

Les tubes molaires peuvent être de section ronde ou plate ovale. Ils peuvent être collables, avec une base en maille, collés directement sur les molaires d'ancrage par des adhésifs décollage. Ou ils peuvent être soudables, avec une base plate à rebord métallique profilé, soudés à des bandes qui sont cimentées aux molaires. [98]

### 2.1. Placement des brackets

Les brackets de Begg sont centrés mésio-distalement sur les surfaces des dents, et placés à une distance spécifique du bord occlusal de la couronne déterminée par sa taille. Avec les appareils préajustés contemporains, les supports sont placés directement ou indirectement sur la dent et exprimés correctement quelles que soient la taille et la forme de la dent. [98]

## 3. Les brackets Tip Edge

C'est une forme évoluée de la technique de Begg. Elle tire sa spécificité de la forme originale de son bracket pré-ajusté, et, les principes biomécaniques de Begg par l'élimination des arcs en boucle et des courbures de finition.

C'est un bracket original, préformé, issu d'un double chanfreinage d'une attache Edgewise en retirant les coins opposés en diagonale de la fente de fil d'arc classique, en l'élargissant à 0.28 inch, avec élimination des deux coins diamétralement opposés de l'attachement à sommets décentrés. [99]

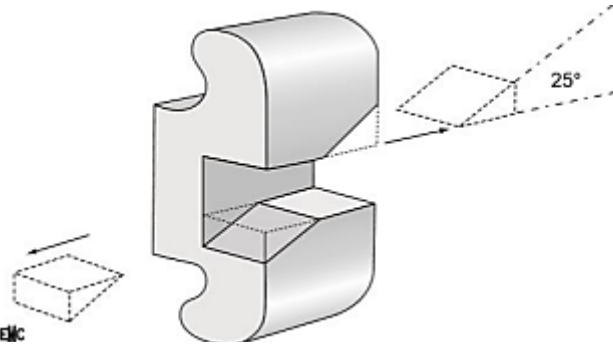


Figure 122. Attache « Edgwise » modifiée, donnant le bracket Tip-Edge.

### 3.1. Positionnement des brackets

Chaque support de Tip-Edge doit être aligné avec son axe vertical parallèle au grand axe de la dent, et au milieu de la couronne mésio-distale.

La hauteur des attaches doit être au point médian vertical spécifique à chaque dent, elle peut être contrôlée avec précision en utilisant une jauge de positionnement insérée dans le tube vertical, qui simplifie la séance de collage. [75]

---

**CHAPITRE V : DEPOSE DES BRACKETS  
ET LES ECHECS DE COLLAGE**

---



Figure 123. Dépose des brackets.

### 1. La dépose des brackets[100]

Le débracketage est le moment le plus attendu par les patients, car il signe la fin de leur traitement d'orthodontie. Il comprend trois étapes :

- La dépose des attaches proprement dites ;
- L'élimination de la colle ;
- Le polissage de la surface amélaire.

L'objectif est d'assurer l'élimination complète de la colle, mais surtout de respecter l'intégrité de la surface de l'émail, de conserver son aspect brillant sans changement d'état de surface ni création de rayures ou autre détérioration. Au travers d'un cas clinique, on propose d'aborder ces étapes et leurs conséquences.

L'étape de nettoyage se réalise en 3 phases qui requièrent différents instruments et fraises pour ramener l'émail à un état de poli similaire à son état initial.

- 1) Première phase : elle consiste à décoller chaque attache avec une pince à ôter les brackets, une simple pression de la pince sur l'attache suffit souvent à rompre la colle. Le but est d'obtenir une rupture adhésive ou cohésive de la colle.

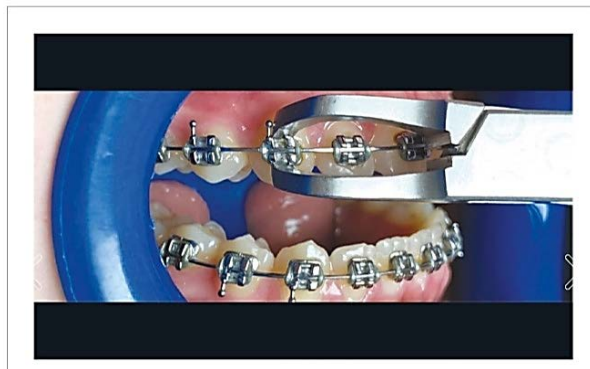


Figure 124. Pince à débagueur enserre l'attache qui est décollée.

Le coffret Smoozies (Komet) est ensuite utilisé pour éliminer les restes de colle.

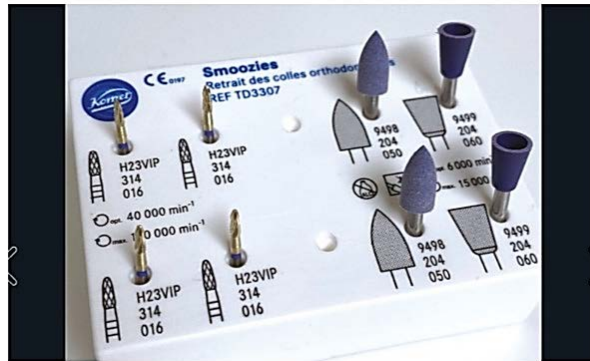


Figure 125. Coffret de retrait de colles orthodontiques Ko-met smoozies.

- 2) Deuxième phase : une fraise à finir en carbure de tungstène permet de retirer la majeure partie de la colle. Son utilisation se fait sur turbine ou contre-angle bague rouge, à pression légère, sous spray. À ce stade, avec ce type d'instrument, il est important de ne pas atteindre l'émail ; il est donc préférable de laisser une fine couche de colle . La couche restante est ensuite éliminée avec des fraises Arkansas abrasifs composés d'oxyde d'aluminium de haute qualité à grains fins. Ces fraises sont inactifs sur l'émail et donc permettent d'éliminer le reste de composite sans dommages.



Figure 126. Fraise à finir retire le plus gros de la colle (vitesse 40000t/min sous spray).

- 3) Troisième phase : c'est le polissage, qui nécessite plusieurs étapes. Elle débute par l'utilisation d'une fraise à gros grains sur contre-angle bague bleue (6 000 t/min). Puis, on réalise le lustrage, phase durant laquelle on privilégiera la cupule en caoutchouc, toujours sous spray et sur contre-angle bague bleue. À ce stade, on cherche à polir et faire briller l'émail.



Figure 127. Polissage par passages successifs de cupules (6000t/min sous spray).

Il arrive qu'il reste des résidus de colle malgré les étapes menées précédemment. Dans certaines conditions, ils captent la lumière, donnant une impression de « zébrures » disgracieuses. Un séchage à l'excès permet le plus souvent de les mettre en évidence. Il faut alors répéter méticuleusement et dans l'ordre le passage des polissoirs.

Enfin, un brillantage de surface est obtenu par l'application d'une pâte de polissage sur une cupule.

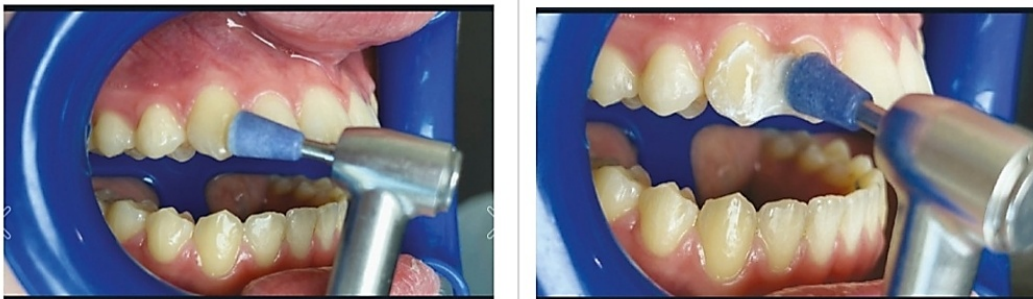


Figure 128. Deux photos montrant une opération de brillantage de la surface dentaire avec une pâte de polissage.

Cependant, même si la phase de polissage est essentielle, elle ne suffit pas à rendre l'émail ad integrum en cas d'altération.

En pratique quotidienne, les matériaux de collage doivent permettre une rétention des attaches pour éviter les décollements intempestifs tout en permettant une dépose aisée, sans dommages amélaire ou pulpaire.

Les altérations de l'émail peuvent donc survenir en cas d'échec du collage ou d'excès de rétention. Les risques sont essentiellement iatrogènes, donc opérateurs-dépendants.

## 2. Les effets indésirables et les problèmes liés au collage<sup>[46]</sup>

Le collage des brackets en orthodontie est généralement sûr et efficace. Mais comme toute procédure médicale, il peut entraîner des effets indésirables et dans les pires des cas, certains échecs sont des urgences orthodontiques.

### 2.1. Les effets indésirables survenant pendant le collage des brackets

#### 2.1.1. Effets secondaires de mordançage

Le mordançage utilisant l'acide phosphorique est une technique de préparation de surface qui se révèle agressive. Elle conduit à une perte d'émail de l'ordre de 8 à 15  $\mu\text{m}$ . La pénétration de la résine au sein de l'émail déminéralisé entraîne la création de brides résineuses (jusqu'à 15  $\mu\text{m}$  de longueur). Il en résulte des décolorations dentaires sous l'influence de colorants alimentaires.

L'adhésion des systèmes automordançants donne une déminéralisation acide peu agressive. L'infiltration de la résine adhésive au sein des reliefs de microrétention amélaire avoisine les 2 à 3  $\mu\text{m}$ . Les brides résineuses se révèlent réduites en longueur et en épaisseur en comparaison aux effets d'un mordançage acide classique. Par ailleurs, le mordançage peut également provoquer une sensibilité dentaire. Après la pose des brackets, certains peuvent ressentir une sensibilité dentaire temporaire.

#### 2.1.2. Une mauvaise polymérisation

Un durcissement incomplet peut se faire sous l'effet de plusieurs paramètres : une intensité ou une durée d'exposition à la lumière insuffisante qui pourrait parvenir du vieillissement de la lampe (une durée de vie de la lampe limitée), une épaisseur excessive de la colle, une contamination de site de collage. Par conséquent, des problèmes de positionnement ou décollement prématuré des brackets peut se produire. Dans ce cas, la durée du traitement se prolonge et le risque de caries induites par les microfuites augmente.

#### 2.1.3. Inconfort, sensibilité et douleur

Pendant le collage des brackets, un léger inconfort ou même une sensibilité pulpaire interviennent. Certains patients peuvent signaler un goût ou une odeur désagréable pendant ce processus.

#### 2.1.4. Accumulation de plaque et de tartre

Les bagues, les attaches et les arcs augmentent la rétention de la plaque, bloquent l'accès aux zones de rétention et compliquent le nettoyage, entraînant ainsi des colorations extrinsèques et une accumulation de plaque et de tartre. Ces phénomènes augmentent considérablement le risque des caries et des maladies gingivales.

### **2.1.5. Irritations et lésions buccales**

Les brackets ou les instruments utilisés peuvent irriter les joues, les lèvres ou la langue, provoquant des lésions ou des ulcères buccaux.

### **2.1.6. Dommages aux dents et au parodonte**

Une quantité excessive de colle autour des brackets favorise l'accumulation de plaque et de tartre et provoque des caries et des gingivites. Les excès en contact directe avec la gencive provoquent des irritations et problèmes gingivales importants. D'ailleurs, les excès en interdentaire peuvent même provoquer une urgence parodontale (le syndrome de septum).

Une mauvaise position de bracket peut entraîner des forces excessives et inappropriées sur la dent et le parodonte lors du traitement orthodontique. Ce qui peut causer des dommages à l'email ou à la structure de la dent elle-même, causant des irritations et des lésions des tissus gingivaux, et potentiellement des résorptions osseuses.

Un bracket mal positionné peut frotter contre les dents adjacentes ou les tissus mous de la bouche, et peut donc provoquer une usure de l'email ou des irritations des tissus.

### **2.1.7. Cas d'allergies**

Lors du processus de collage des brackets, les allergies peuvent se produire chez certaines personnes en fonction des matériaux utilisés, mais ce cas demeure rare. Les principaux matériaux qui peuvent déclencher des réactions allergiques sont :

- a. Acrylates : ce sont des composés présents dans la résine utilisée pour fixer les brackets sur les dents. Les personnes allergiques aux acrylates peuvent présenter des réactions cutanées ou des irritations.
- b. Nickel : le nickel est un métal souvent présent dans les brackets et les fils orthodontiques. Les personnes allergiques au nickel peuvent développer des réactions cutanées, telles que des démangeaisons, des rougeurs ou des éruptions cutanées.
- c. Latex : certains élastiques orthodontiques et matériaux d'isolation contiennent du latex. Les personnes allergiques au latex peuvent présenter des réactions allergiques graves, telles que des difficultés respiratoires.
- d. Cobalt : le cobalt est un autre métal parfois présent dans les brackets orthodontiques. Les personnes allergiques au cobalt peuvent présenter des réactions cutanées ou des symptômes similaires à ceux du nickel.

### **2.1.8. Décollement des brackets**

Il est causé par une mauvaise adhérence, par des forces orthodontiques excessives, par des brackets mal positionnés, par un traumatisme, au bien, par le fait de manger des aliments durs ou collants. Ce problème nécessite des visites supplémentaires pour le recollage.

## **2.2. Les effets indésirables survenant lors du débracketage**

### **2.2.1. Inconfort, douleur et sensibilité**

À cause de la pression et les forces exercées sur les dents pendant la procédure de dépose, il peut y avoir une sensibilité dentaire accrue mais temporaire. Le confort est particulièrement lié à la technique et la durée de dépôt.

### **2.2.2. Dommages sur l'email**

- Rayures de l'email par frottement de la pince à débagger ;
- Arrachements de prismes ou fracture coronaire :
  - Par un mauvais positionnement de la pince ;
  - Par application d'une force trop importante sur l'attache ;
  - Par adhérence trop importante du système de collage à l'email ;
  - Par usure ou pré fragilisation carieuse (leucomes pré-carieux).

Une perte de tissu dentaire plus importante peut se produire par un nettoyage des surfaces en fin de traitement, notamment s'il est fait avec des moyens agressifs ne respectant pas l'intégrité tissulaire comme les fraises turbine. Les instruments manuels comme des grattoirs, ou les instruments ultrasoniques peut minimiser le risque de dommages aux dents.

### **2.2.3. Risque de fracture, de décollement, ou d'endommagement d'une obturation**

- Des fractures coronaires ou des pertes de substance amélo-dentinaire sont constatées notamment sur les dents délabrés, fragiles ou tenus par une force excessive ;
- Un décollement d'obturation composite peut se produire en raison d'une mauvaise qualité d'obturation ou d'une force appliquée inadéquate ;
- Un risque d'endommagement de la qualité d'obturation. En particulier, si elle est fraîche ou mal polymérisée ;
- Un risque de dommage sur une surface céramique provoquant des égratignures ou des marques ;
- Un risque de fracture de la couronne céramique.

## **2.3. Les effets indésirables apparaissant après débracketage**

### **2.3.1. Présence des résidus de la colle**

Des résidus de la colle peuvent persister après le débracketage. Ces résidus empêchent le bon nettoyage, favorisent la rétention et l'accumulation de plaque, augmentent le risque carieux, et peuvent irriter les tissus mous et causent des maladies gingivales. Cela peut être visible et altère l'esthétique. La pose de nouveaux brackets ou l'application d'autres traitements sur les résidus peuvent mener à une mauvaise adhérence, et donc interférer avec des traitements futurs.

### 2.3.2. Changement de la couleur des dents

Il est possible que les dents aient des taches blanches ou une légère décoloration après la dépose des brackets. Cela est souvent dû à une accumulation de plaque pendant le traitement orthodontique. On appelle « **white spots** », les lésions opaques blanches qui surviennent autour des attaches orthodontiques et qui correspondent à des zones de déminéralisation de l'émail. Le développement de ces lésions au cours d'un traitement orthodontique est un facteur de risque courant, et peut développer des lésions carieuses.

### 2.3.3. Sensations inhabituelles

Après la dépose du système d'orthodontie, il est possible de ressentir des sensations inhabituelles sur les dents, telles que des espaces entre les dents.

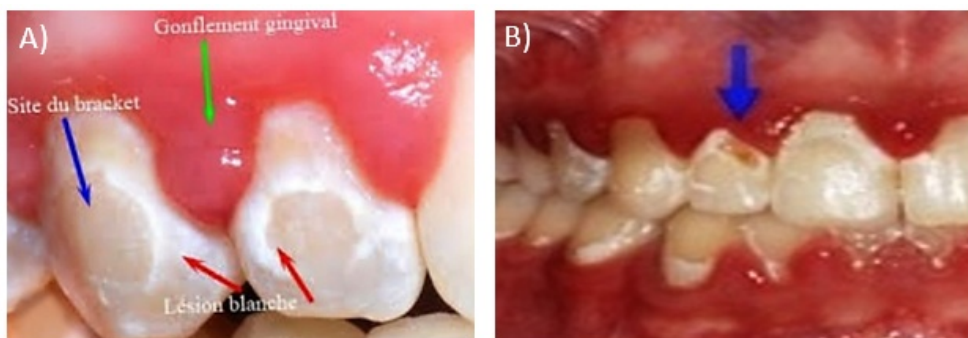


Figure 129. Dommages dentaires (lésion carieuse et des white spot) et gingivite.



Figure 130. Décollage de bracket.



Figure 131. Résidus de la colle.



Figure 132. Irritations et lésions buccales.

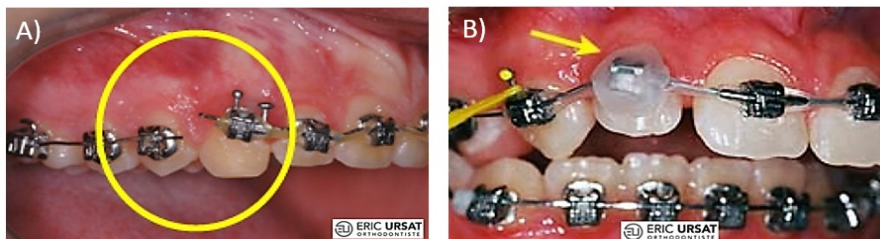


Figure 133. Les parties les plus irritantes peuvent être recouvertes avec de la cire pour soulager le patient temporairement.

### 3. Le décollement des brackets

Les taux de décollement reportés dans la littérature sont très variables en fonction du type de colle. Dans ces conditions, les échecs ne sont pas forcément liés à une faible performance de l'assemblage mais elles sont souvent liées à des contraintes mécaniques élevées exercées sur l'assemblage.

#### 3.1. Les causes de décollement

- Une base de l'attache pas assez rétentive ou souillée ;
- Utilisation de brackets recyclés ;
- Un système de collage non adapté à la situation clinique ;
- Utilisation de produit périmé involontairement ;
- Rarement, mauvaise qualité du composite orthodontique ;
- Des surfaces dentaires non correctement nettoyées et préparées ;
- Le non-respect du protocole du collage et/ou de polymérisation ;
- Une contamination humide, salivaire ou sanguine pendant le collage ;
- Un manque d'enseignement des consignes alimentaires et comportementales pendant le traitement. Et le non-respect du temps entre la procédure du collage et la prise du repas.

Les décollements accidentels conduisent à réaliser une deuxième fois un collage, mais pour éviter ce phénomène il faut respecter les règles suivantes :

#### 3.2. Les grandes règles à respecter pour réussir le collage

- Bien choisir la base de l'attache. Cette dernière doit être suffisamment rétentive. Le traitement de surface des attaches est fait par le fabricant, la qualité de la rétention est différente d'un fabricant à l'autre ;
- Ne pas souiller la base de l'attache lors de la manipulation ;
- Travailler sur des surfaces très propres. Le nettoyage des surfaces avant leurs traitements de surface spécifiques est une étape primordiale. Différents moyens sont à notre disposition : détartrage, nettoyage à la brosse et à la ponce, aéro-polissage et le sablage. En fonction de l'état des surfaces et de la situation vestibulaire ou linguale du collage nous devons choisir un ou plusieurs moyens de nettoyage ;
- Réussir le traitement spécifique des surfaces. Cette étape dépend de la nature de substrat à coller (émail ou substrat non amélaire : céramique, composites ou alliage métallique) et de la nature de la colle (avec mordantage préalable ou automordante) ;
- Optimiser l'interface dent/colle. Cette règle est basée sur le choix de la colle qui doit être adaptée à la situation clinique (exemple : une colle hydrophile pour le collage dans un environnement humide) et par le respect et la rigueur dans l'application des protocoles d'utilisation de la colle choisie ;

- Le collage doit se faire en dehors de tout risque de contamination salivaire ou sanguine. Il faut bien choisir et correctement installer un champ de collage. Il existe des moyens efficaces : Dry Tips et différents types d'écarteurs à lèvres, à joues et à la langue des plus simples aux plus complexes (type Nola). L'installation d'un champ de collage efficace permet de travailler en sécurité par rapport à tout risque de contamination salivaire et sans stress ;
- Optimiser l'interface entre l'adhésif et le composite. C'est une interface très sensible et souvent négligée. Une contamination humide est fréquente lors de l'étalement de l'adhésif et/ou l'évaporation du solvant contenu dans l'adhésif par un jet d'air. Il est indispensable que l'orthodontiste vérifie sa seringue à air. Il est préférable d'éviter les seringues avec des systèmes de sortie commune eau et air ;
- Assurer une polymérisation correcte de l'assemblage. Ce paramètre dépend du choix de la lampe à polymériser (puissance et spectre d'émission), de l'entretien de la lampe et du respect du temps d'insolation et de la distance entre la source et la cible lors de la polymérisation ;
- Utiliser une colle qui a des propriétés mécaniques intrinsèques suffisantes mais non excessives. L'assemblage doit supporter les contraintes liées aux activations du traitement, à la mastication et aux paras fonctions. Cependant la dépose des attaches doit être aisée sans risque d'altération de l'émail ;
- Enseigner aux patients les consignes alimentaires et comportementales à respecter pendant le traitement ; éviter les aliments collants comme les bonbons, les chewing-gums et les caramels, de même les aliments durs et croquants tels que les noix, les glaçons et les chips qui peuvent exercer une pression excessive sur l'appareil.

---

---

# **PARTIE PRATIQUE**

---

---

## Cas clinique 01

Il s'agit de la patiente A.L. âgée de 12 ans qui s'est présentée au service d'orthopédie dento faciale (CHU Tizi-ouzou), qui présente une classe II/1. Ses antécédents thérapeutiques sont les suivants :

- Traitement interceptif contre la succion du pouce.
- Traitement orthopédique avec le twin block.

Voici notre plan de traitement :

- Motivation à l'hygiène.
- Thérapeutique fixe multi-attaches supérieur et inférieur (par technique de collage direct vestibulaire, brackets Roth, en respectant l'arc de sourire SAP) associée à une surélévation et des élastiques de classe II.



Figure 134. Vue clinique initiale.



Figure 135. Mordançage de l'émail avec de l'acide phosphorique pendant 30 secondes.



*Figure 136. Aspect blanc crayeux après séchage.*



*Figure 137. Application d'un adhésif dentaire sur l'émail mordancé.*



*Figure 138. Photopolymérisation de l'adhésif selon les recommandations du fabricant.*

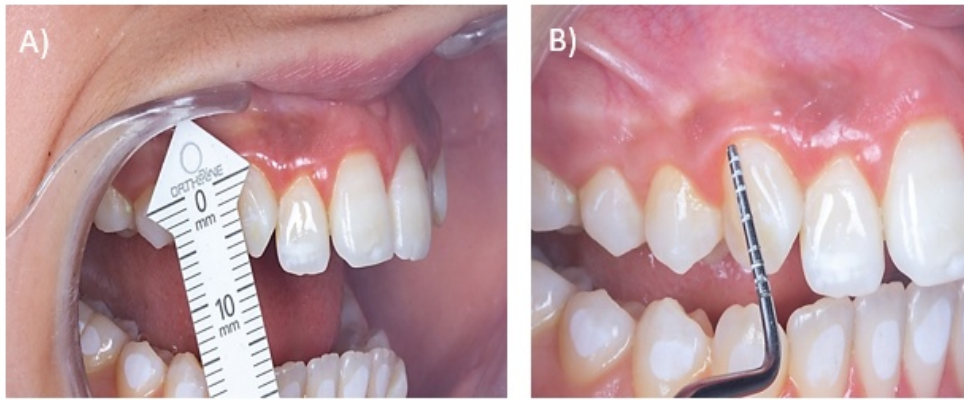


Figure 139. Positionnement précis des brackets sur les dents selon un guide de positionnement.

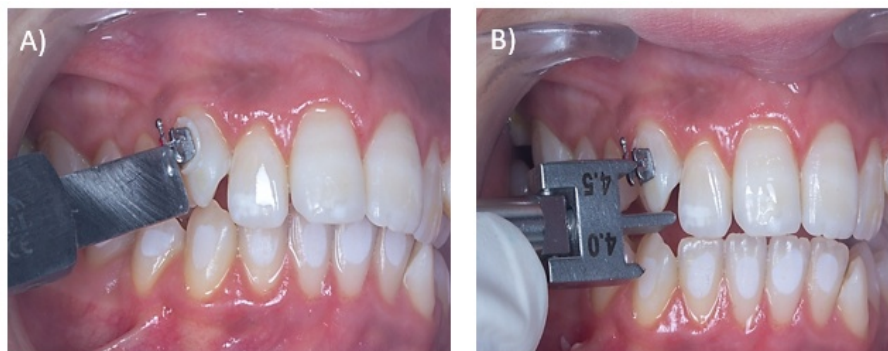


Figure 140. Mise en place de l'attache et élimination des excès.



Figure 141. Photopolymérisation cervicale et occlusale, ou mésiale et distale.



Figure 142. Vue clinique après positionnement des attaches (arcade supérieure).



Figure 143. Vue clinique après positionnement des attaches et mise en place de l'arc (arcade supérieure et inférieure).

### Cas clinique 02 [101]

Il s'agit d'une patiente âgée de 50 ans qui présente une classe II squelettique hypodivergente avec une classe II occlusale, des arcades étroites et une DDM modérée.

Le plan de traitement consistait en un traitement multiattache avec une expansion des arcades, un stripping incisivo-canin maxillaire et mandibulaire et une mécanique de classe II asymétrique.

Au maxillaire : le collage avec la réalisation d'une double gouttière de transfert thermoformée sur le modèle imprimé par CFAO.

À la mandibule: par la réalisation d'une gouttière de transfert directement imprimée par CFAO.

Les premières étapes sont communes aux deux protocoles, par la réalisation d'une empreinte optique avec la caméra optique Trios ® de 3Shape.

Un fichier STL a été créé permettant l'ouverture par le logiciel des modèles numériques, ensuite on place les attaches orthodontiques de façon virtuelle. La suite des étapes a divergé entre le protocole 1 réalisé au maxillaire et le protocole 2 réalisé à la mandibule.

Dans ce cas clinique on a donné un exemple pour l'arcade supérieure :

Dans un premier temps on a sur le logiciel OrthoAnalyzer® de 3Shape le fractionnement des moulages maxillaire et mandibulaire afin d'individualiser les dents, tracer les contours dentaires mésio-distaux et occluso-gingivaux et valider l'axe des dents... Ces étapes sont assistées par ordinateur, le praticien doit valider chaque étape ou corriger les erreurs possibles.

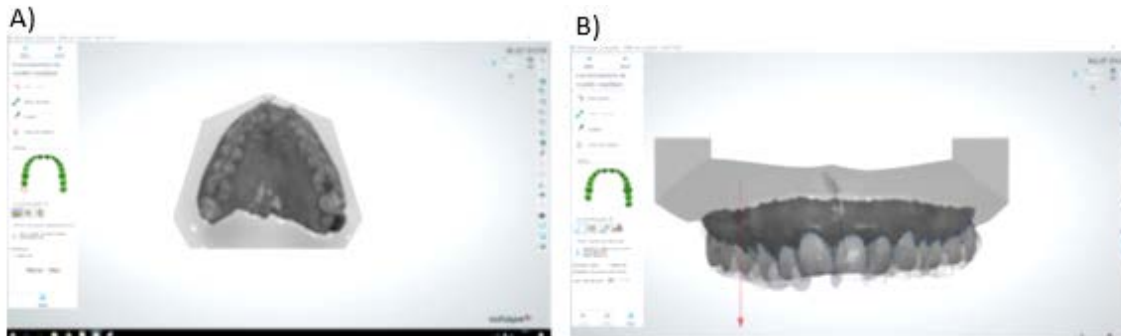


Figure 144. Impression écran du logiciel OrthoAnalyzer pour la suite du fractionnement du maxillaire avec le contour des dents et les axes occluso-gingivaux.

Durant cette étape il faut valider l'axe de chaque dent, la dent est manipulée dans les trois dimensions et la gencive peut être retirée ou non pour mieux apprécier l'axe de la dent. L'axe dentaire est très important car il conditionnera la position des attaches orthodontiques.

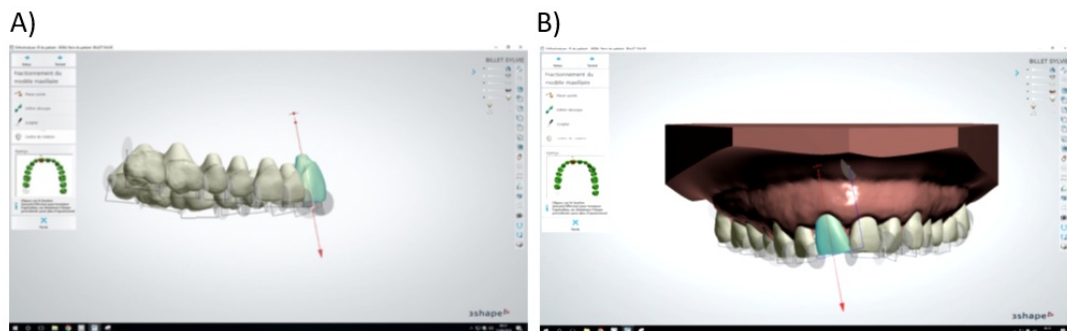


Figure 145. Impression écran du logiciel OrthoAnalyzer pour le fractionnement du maxillaire lors de l'affichage de l'axe mésio-distal des dents du maxillaire (sauf les 4 dents de sagesse).

Puis, on a déterminé le plan d'occlusion et les plans d'orientation du moulage (selon un plan sagittal et un plan occlusal). Ensuite le centre « FA » de chaque dent est proposé par le logiciel et doit être verrouillé par l'orthodontique. L'arc est choisi et positionné virtuellement en reliant tous les points FA entre eux. Il existe un catalogue d'arcs comme pour les attaches orthodontiques avec différentes tailles, formes et fournisseurs d'arcs.

Puis, on a choisi le type d'attaches utilisées dans la banque d'attaches (on retrouve par fournisseur le type d'attaches, la taille du slot, la position de crochets ou non, les informations selon la technique utilisée). Les attaches sont positionnées automatiquement selon le point FA puis l'on peut manipuler et ajuster l'attache dans les trois dimensions de l'espace.

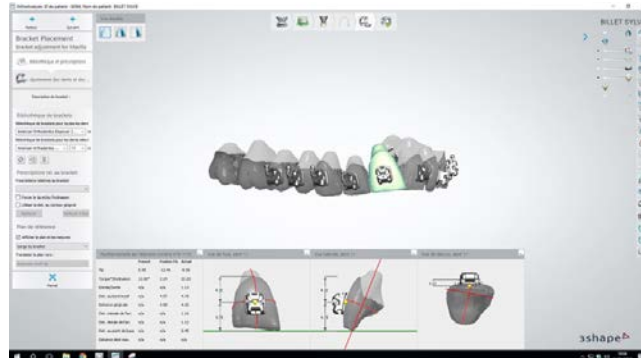


Figure 146. Impression écran du logiciel OrthoAnalyzer lors de l'ajustement des attaches orthodontiques. En bas de l'écran les images contiennent les dimensions permettant d'ajuster précisément les attaches.

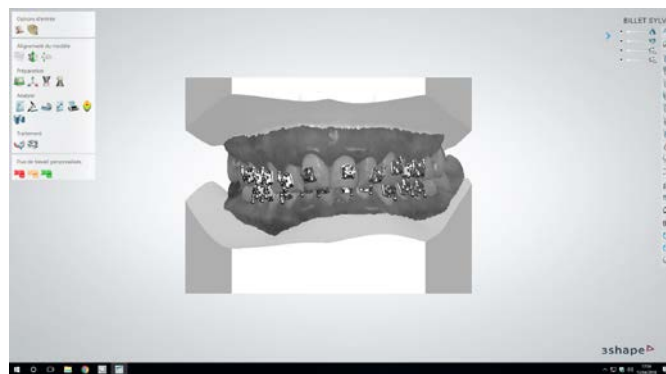


Figure 147. Résultat final du positionnement des attaches orthodontiques sur le logiciel OrthoAnalyzer.

Le logiciel Appliance Designer de 3Shape permet de placer des encoches autour de chaque attache placée virtuellement. Il en ressort un moulage comportant ces encoches de positionnement des attaches, qui peut alors être imprimé grâce à une imprimante 3D Cubicon Style (filiale FDM).



Figure 148. Moulages imprimés par impression 3D avec encoche pour positionner les attaches orthodontiques.

A l'aide d'une machine à thermoformer (BiostarScheu Dental ®), on a utilisé une plaquemolle Bioplast® Scheu Dental de 1mm d'épaisseur qu'on a thermoformé sur le moulage comportant les attaches orthodontiques afin d'obtenir la gouttière souple englobant les attaches.

Ensuite on adécoupé la gouttière (sans désinsérer cette gouttière sinon grosse difficulté à replacer les attaches dans la gouttière) pour être à au moins 2,5mm au-dessus des collets dentaires, en s'arrêtant au niveau du centre de la face occlusale des premières molaires.



Figure 149. Gouttière souple thermoformée.

Puis, on a thermoformé une plaque séparatrice (Isofolan®) dessus qui a été découpée aux dimensions. Il est également possible d'avoir la feuille d'Isofolan directement intégrée à la plaque dure à thermoformer (supprimant cette étape de thermoformage)

Enfin, une plaque rigide de Duran® Scheu Dental de 0,75mm a été thermoformée sur l'ensemble afin de réaliser la deuxième gouttière rigide englobant l'ensemble (1e gouttière souple + attaches orthodontiques).

On a ensuite séparé le modèle des gouttières et éliminé la plaque séparatrice. La découpe de la gouttière rigide a été effectuée à la fraise et au disque sur pièce à main dans un deuxième temps afin que cette dernière atteigne la moitié de la surface des attaches orthodontiques. La gouttière rigide englobe la gouttière souple contenant les attaches orthodontiques.



Figure 150. Gouttière rigide.

Le plateau de collage est préparé avec :

- Système Nola® d'écarteur et des Dry Tip® ainsi qu'une aspiration classique pour avoir une étanchéité optimale ;

- Les gouttières avec les attaches et de l'acétone pour dégraisser les bases des attaches orthodontiques (il y a de faible risque de contamination de la base de l'attache lors des manipulations donc on pourrait éventuellement se passer de l'étape de dégraissage) ;
- Le système de mordançage (acide orthophosphorique à 37%, la colle RelyX® Unicem 2 Automix de 3M Espe (auto-adhésive) ;
- Les tubes et le porte tube pour les premières molaires en collage direct ;
- Un set classique : sonde, miroir, précelle ;
- Un contre angle avec brosette et pierre ponce pour nettoyer avant de coller ;
- Unshure et des fraises sur turbine pour éliminer la colle en excès après dépose des gouttières ;
- Un kit de changement d'arc.



*Figure 151. Plateau de travail.*

Dans un premier temps nous avons inséré le Nola®.

On a essayé la gouttière avec les attaches orthodontiques afin de vérifier qu'elle insérait correctement, elle a ensuite été nettoyée et dégraissée avec de l'acétone.

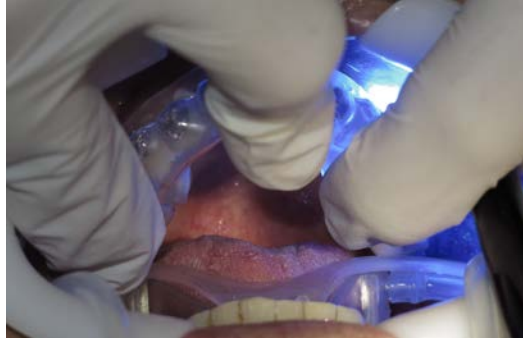
Ensuite nous avons mordancé pendant 30s par surface dentaire, rincé et séché afin d'obtenir des surfaces blanches crayeuses sans excès de séchage (comme le collage conventionnelle).

Ensuite on a rempli les bases des attaches de colle RelyX® avec un petit pois de colle pour limiter les excès de colle autour des attaches.



*Figure 152. Application de la colle sur les attaches.*

L'ensemble des deux gouttières contenant les attaches orthodontiques a été inséré dans un mouvement vertical en bouche et maintenue avec un contact tripodique (2 doigts postérieurs de chaque côté et un en antérieur), chaque dent a été photopolymérisée 8 secondes.



*Figure 153. Insertion des gouttières, maintien tripodique et photopolymérisation.*

On passe ensuite à la dépose de deux gouttières après l'élimination des excès de colle a été réalisée à l'aide du Shure, de fraises sur turbine et de meulette en ponce agglomérée sur contre angle bague bleue.



*Figure 154. Elimination de la colle avec disque polissant et Shure.*

## CONCLUSION

Le domaine du collage des brackets orthodontiques a connu une évolution significative au cours des dernières décennies, grâce à des innovations matérielles et techniques. Avec l'avènement de l'orthodontie moderne et des traitements chez les adultes, le collage s'effectue désormais sur une variété de substrats, nécessitant une maîtrise précise des protocoles adaptés à chaque type de surface. Actuellement, il n'existe pas de système de collage universel en orthodontie, Les praticiens doivent choisir le système le plus approprié en fonction de leurs besoins cliniques, des données scientifiques disponibles et de leurs préférences personnelles. La multitude de produits de collage disponibles peut rendre ce choix complexe, mais chaque étape du processus doit être réalisée avec soin pour garantir la stabilité des attaches tout au long du traitement orthodontique.

L'apport de l'informatique au collage en orthodontie est flagrant. Les logiciels de CAO offrent une planification précise des mouvements dentaires, tandis que l'impression 3D permet la fabrication de dispositifs orthodontiques sur mesure. Ces avancées technologiques avec la multiplicité de ses méthodes selon le choix du type du collage, améliorent la précision, l'efficacité et la qualité des traitements orthodontiques, offrant ainsi aux patients des résultats plus rapides et plus satisfaisants. Il est certain que les protocoles de collage continueront d'évoluer avec l'introduction de nouveaux matériaux hybrides aux propriétés biologiques avancées et par l'intégration croissante des technologies informatiques, Ces innovations promettent un avenir où l'orthodontie sera plus efficace et moins invasive, préservant mieux les tissus dentaires et améliorant globalement l'expérience des patients.

## **RESUME**

Le collage aux tissus dentaires est un acte quotidien de la dentisterie. En orthodontie, le collage est en constante évolution depuis ces dernières décennies et il n'existe à ce jour aucun système de collage universel.

Dans ce travail, on présente : un historique, les matériaux d'assemblage mis à la disposition de l'orthodontiste. Puis, il sera énuméré les différents substrats rencontrés en bouche ainsi que leurs protocoles de traitements de surfaces, les techniques de collage et l'apport de l'informatique au collage des brackets orthodontiques qui est également un aspect important, permettant une planification et une exécution plus précises des traitements. Pour finir, des cas cliniques serviront à illustrer ce travail.

### **Mots clés :**

Collage – bracket – orthodontie – matériaux- techniques

## **ABSTRACT**

Bonding to dental tissues is a daily procedure in dentistry. In orthodontics, bonding has been constantly evolving over recent decades and to date there is no universal bonding system.

In this work, we present: a history, the assembly materials made available to the orthodontist. Then, the different substrates encountered in the mouth will be listed as well as their surface treatment protocols, bonding techniques and the contribution of IT to the bonding of orthodontic brackets which is also an important aspect, allowing planning and execution more precise treatments. Finally, clinical cases will be used to illustrate this work

### **Keywords**

Bonding – bracket – orthodontics – materials-techniques

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] James I. Green J, The origins and evolution of fixed orthodontic appliances, *Dentalnursing* (the journal for a career in Dental nursing), ma Healthcare LTd, 02/09/2014, Vol10 No 09, Doi: 1012968/denn.2014.10.9.524
- [2] Dr Baron P, la médecine arabe et l'art dentaire, de l'Académie nationale de chirurgie dentaire. P16.
- [3] Wahl N, 202 Williamson Rd, Sequim, WA, Orthodontics in 3 millennia. Chapter 1: Antiquity to the mid-19th century by American Association of Orthodontics Volume 127, Number 2 doi: 10.1016/j.ajodo.2004.11.013 pp.255-258.
- [4] Attia.Y. D.S.O Professeur à la Faculté de chirurgie dentaire de Nice France. Edgewise 1985. EMC- Orthopédie Dentofaciale [23-490-D-10]: 2-9-10.
- [5] Bhalajhi.S.I. Orthodontics - The Art and Science. 3rd Edition, Arya (Medi) Publishing House, New Delhi, 2003. P7, 183-190, 207, 220, 274-309-310-321, 322-323, 454-455, 466\_467.
- [6] Kemer A, Montluc N, BrandyI, Dumitrach M, Lejoyeux E, Garcia R, Technique Multiattache. EMC (Elsevier Masson SAS), Odontologie/Orthopédie dentofaciale, 23-490-C10, 2011
- [7] Begg PR, Kesling PC, Coster G. Théorie et technique orthodontique de Begg, Paris : Julien Prélat ; 1972.
- [8] Docteur Kourad.Y. Professeur Laraba.S. Initiations aux techniques fixes orthodontiques. Cours et travaux dirigés. P 09, 37, 51-64, 65-67.
- [9] Dr Drareni .M Les biomatériaux en ODF Cour 2<sup>ème</sup> année 2017
- [10] Franz A, Raabe M, Lilaj B, Dauti R, Moritz A, Müßig D, et al. Effect of two different primers on the shear bond strength of metallic brackets to zirconia ceramic. *BMC Oral Health*. Mars 2019 ;19 :51.
- [11] Devillard R, Romieu O. Les systèmes adhésifs amélo-dentaires. In : Référentiel internat dentisterie restauratrice endodontie. Id presse édition média. 2021. p. 104-10
- [12] Hitmi L, Attal J-P, Degrange M. Les différentes familles de colles composites : présentation et expérimentation. *Orthod Fr*. 2002
- [13] Leprince J, Leloup G, Vreven J, Weiss P, Raskin A. Polymères et résines composites. Encyclopédie Médico-Chirurgicale, 2010.

- [14] 3MTM Concise™, durcissement chimique, KIT [Internet]. OrthoDepot Shop. [Cité 12 oct 2022]. Disponible sur: <https://www.orthodepot.fr/category-515/Collages/Collagepour-brackets/Durcissement-chimique/3M-Unitek-478/Concise-Set--3M-Unitek-- 1768>
- [15] Rely-a-Bond, durcissement chimique, Pâte en Seringue, KIT [Internet]. OrthoDepot Shop. [Cité 12 oct 2022]. Disponible sur: <https://www.orthodepot.fr/category515/Collages/Collagepour-brackets/Durcissement-chimique/Reliance-OrthodonticProducts-471/Assure-474/Rely-8226-a-8226-Bond-Kit-Colle-en-seringues-Reliance>.
- [16] Condò R, Mampieri G, Cioffi A, Cataldi ME, Frustaci I, Giancotti A, et al. Physical and chemical mechanisms involved in adhesion of orthodontic bonding composites: in vitro evaluations. *BMC Oral Health*. Juill2021;21:350.
- [17] Etienne O, Toledano C. Le collage auto-adhésif auto-mordant solution universelle. *L'information dentaire*. 2007
- [18] Sharifi N, Mohammadi Z, Arab S, Shojaee M, Vafadoost F, Zakerzadeh A. Shear Bond Strength of Orthodontic Brackets Bonded with a Self-Adhering Composite in Dry and Saliva-Contaminated Conditions. *Front Dent*. Janv2022;19:5.
- [19] Decrucq E, Devisse T, Benhamadi O. Les matériaux de collage et de scellement. *Orthod Fr*. 2009
- [20] Stéphani M, Moutaabbib L. Les verrous métalliques, *Ortho Fr* 2009 ;80.23.22
- [21] <https://www.orthodontisteenligne.com>
- [22] Moulahemkh, les biomatériaux en odof, cour 2<sup>ème</sup> année 2022-2023
- [23] Evolution des brackets en orthopédie-dento-faciale, mémoire, 2018-2019
- [24] Brantley W, A, orthodontics matériels, scientific and clinical aspects, 2001
- [25] [Dentaltix.com/fr](https://www.dentaltix.com/fr)
- [26] Devillard R, Romieu O. Adhésion des biomatériaux aux tissus dentaires. In : *Référentiel internat dentisterie restauratrice endodontie*. Id presse Edition media. 2021. p. 103-6
- [27] Alzain AH, Majud AS, Al-Ani AM, Mageet AO. Orthodontic Bonding: Review of the Literature. *Int J Dent*. Juill2020;2020:8874909.
- [28] Hitmi L, Attal JP, Degrange M. Les différentes familles de colles composites : présentation et expérimentation. *Orthod Fr*. Mars 2002;73(1):39-58
- [29] Bonnaure-Mallet M. Les biofilms buccaux, de véritables couffins pour les habitants du parodonte. *ID*. Déc 2021;34-7.
- [30] Simon-Soro A, Ren Z, Krom BP, Hoogenkamp MA, Cabello-Yeves PJ, Daniel SG, et al. Polymicrobial Aggregates in Human Saliva Build the Oral Biofilm. *mBio*. Fevr 2022;13(1):e00131-22.

- [31] Roulet J-F., Adhesive techniques: the standard for restoration of anterior teeth. Chap. 1 : Minimally Invasive Restorations with Bonding. Quintessence Publications, 1997, 3, p283
- [32] Roulet J-F., Degrange M., Collages et adhésion, la révolution silencieuse. Paris : Quintessence Inter., 2000.-358p.
- [33] Degrange M., Attal J-P., Theimer L. Aspects fondamentaux du collage appliqué à la dentisterie adhésive. Réalités Cliniques, 1994, 5.
- [34] Alzain AH, Majud AS, Al-Ani AM, Mageet AO. Orthodontic Bonding: Review of the Literature. Int J Dent. Juill2020;2020:8874909
- [35] Victor G. Le collage en orthodontie : données actuelles. Académie de Nancy-Metz, université de Lorraine faculté d'odontologie
- [36] Alzain AH, Majud AS, Al-Ani AM, Mageet AO. Orthodontic Bonding: Review of the Literature. Int J Dent. Juill2020;2020:8874909
- [37] Colpart M. Le collage en orthodontie : données actuelles. Marseille ; Médecine humaine et pathologie. 2022. Dumas, ID-04119346.
- [38] Hassan B. Effect of various surface treatment procedures on shear bond strength of stainless-steel orthodontic brackets to composite resin. Al-Rafidain Dent J. Déc 2018;18(1):21-30
- [39] Viwattanatipa N, Jermwiwatkul W, Chintavalakorn R, Nanthavanich N. The effect of different surface preparation techniques on the survival probabilities of orthodontic brackets bonded to nanofill composite resin. J Orthod. Sept 2010;37(3):162-73
- [40] Viwattanatipa N, Jermwiwatkul W, Chintavalakorn R, Nanthavanich N. The effect of different surface preparation techniques on the survival probabilities of orthodontic brackets bonded to nanofill composite resin. J Orthod. Sept 2010;37(3):162-73
- [41] Pierre S, dentiste. La différence, chirurgien-dentiste 2023. Dio : <https://dentiste92.com>
- [42] Greset V. Le collage en orthodontie : données actuelles. Lorraine. Faculté d'odontologie. 2013
- [43] Wongsamut W, Satrawaha S, Wayakanon K. Surface modification for bonding between amalgam and orthodontic brackets. J Orthod Sci. Oct 2017;6(4):129-35.
- [44] Dos ALC, Wambier LM, Wambier DS, Moreira KMS, Imparto JCP, Chibinski ACR. Orthodontic bracket bonding techniques and adhesion failures. J Clin Exp Dent. 2022.14(9):746-55.
- [45] July. Orthodontic Bonding: Review of the Literature. International Journal of Dentistry. 2020. 10 p. ID 8874909

- [46] Haris K. orthodontic brackets selection, placement and debonding. The Univ of Lahore, Pakistan. P153-195.
- [47] Dentaltools. Lampe à polymériser dentaire. [www.dentaltools.fr](http://www.dentaltools.fr)
- [48] Carlos JS. Radiometer. [www.sdi.com](http://www.sdi.com)
- [49] Jay B. Orthodontic bonding: A Direct Approach. The University of Michigan. 2004. (37):137-145
- [50] Paolo Ai, Laura M, Mario P, Francesca C. Direct and indirect bonding techniques. Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clínica Integrada. 2021. 137 p. ID 10.1590/pdoci.
- [51] Boileau M.J. Orthodontie de l'enfant et du jeune adulte. Principes et moyens thérapeutiques tome 1. Edition Elsevier Masson
- [52] Andrews L.F. The six keys to normal occlusion. Am J Orthod 1972;62(3):296-309
- [53] Shah J et Chadwick S. Comparaison entre un système de collage orthodontique en une étape et un système de collage en deux étapes: revue de littérature et résultats d'un essai Clinique randomisé. Orthod Fr 2009;80:167-178
- [54] Altounian G. The development of indirect bonding in combination with pre-bonded appliances. Orthod Fr 1987;58(2):775-790.
- [55] Sedennes V. An indirect bonding technique. Rev Orthop DentoFaciale 1991;25(1):79-83
- [56] Kalange J.T et Thomas R.G. Indirect bonding: a comprehensive review of the literature. Semin Orthod 2007;13:3-10
- [57] Kalange J.T. Prescription-based precision full arch: Indirect bonding. Semin Orthod 2007;13:19-42
- [58] Mc Crostie H.S. Indirect bonding simplified. J Clin Orthod 2003;37(5):248-251
- [59] Moskowitz E.M. Indirect bonding with a thermal cured composite. Semin Orthod 2007;13:69-74.
- [60] Chabre C et Bassigny F. An Indirect bonding technique using a double mixture. Rev Orthop DentoFaciale 1985;19(4):595-602
- [61] Bery A. Collage indirect des verrous d'orthodontie en vue directe. Rev Orthop DentoFaciale 1981;15:351-356
- [62] Kasrovi P.M, Timmins S. et Shen A. A new approach to indirect bonding using light-cure composites. Am J Orthod Dentofac Orthop 1997;111(6):652-656
- [63] Hitmi L. Étude et optimisation de l'adhésion à l'émail et à la dentine. Du laboratoire à la clinique. 2004.

- [64] Pascotto R.C, Navarro M.F, Capelozza Filho L, et Cury J.A. In vivo effect of a resin-modified glass ionomer cement on enamel demineralization around orthodontic brackets. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2004. 125(1): p. 36-41.
- [65] Hitmi L. Collage indirect des attaches orthodontiques vestibulaires. EMC – Odontologie;7(3):1-17 [Article 23-490-C-60], 2012.
- [66] Echarri P. et Kim T.W. Double transfer trays for indirect bonding. J Clin Orthod 2004;38(1):8-13.
- [67] Hitmi L, L'orthodontiste un regard vers le futur, Espace Id, vol 2 3 n°3 mars 2013, p20
- [68] Moreau A. SIBSystem: une innovation dans le domaine du collage des attaches orthodontiques ? Orthod Fr 2013;84:201-209
- [69] Berton O, Leclercq P, apport numérique en orthodontie, EMC, orthopédie dentofaciale 2021, 33(4):1-8 [Article 23-180-A-10]
- [70] Etablissement d'un protocole innovant du collage indirect des attaches orthodontiques assisté par ordinateur: revue de la littérature, 27-09-2018, université de Bordeaux
- [71] Lecocq G, la prise d'empreintes numériques, Principes et intérêts en orthodontie
- [72] Planché PG. Concept de l'arc droit de Lawrence Andrews. Principes et évolution. Encycl Méd Chir - Orthopédie Dentofaciale. [23-490-D-30]. Issy-les-Moulineaux : Elsevier, 200
- [73] La technique Edgewise [Www.medespace.com](http://www.medespace.com)
- [74] Singh G. Textbook of Orthodontics, 2eme Éd. India: JP médical Ltd; 2007. P256, 260\_265, 321, 327, 328, 332, 335, 468, 472-473-477, 485-488, 542-543.
- [75] Kemer A, Montluc N, Brandy I, Dumitrach M, Lejoyeux E, Garcia R, Technique Multiattache. EMC (Elsevier Masson SAS), Odontologie/Orthopédie dentofaciale, 23-490-C10, 2011. Page 02-03-05, 06, 09-10, 12, 13, 14-15, 18-20, 21, 22.
- [76] Docteur Kourad.Y. Professeur Laraba.S. Initiations aux techniques fixes orthodontiques. Cours et travaux dirigés. P 09, 37, 51-64, 65-67.
- [77] Planché PG. Concept de l'arc droit de Lawrence Andrews. Principes et évolution. EMC (Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, Paris, tous droits réservés), Odontologie/Orthopédie dentofaciale, 23-490-D-30, 2002. P 3-9, 12.
- [78] Phulari Basavaraj S. History of Orthodontics. P 180-181.
- [79] Abi A, Tamsaoudet Y, Zaidi R, Boukhari L, Hadjallah Bem, Beghdadi M I. Technique de l'arc droit. Blida. Faculté de médecine. 2020.
- [80] Bami M. L'orthodontie linguale. [www.Orthodontie-adulte.fr](http://www.Orthodontie-adulte.fr).

- [81] Pernier C, Diemus C. Orthodontie invisible. Orthodfr. 2011. 82: 121-144.
- [82] Forestadent. 2d Lingual Brackets 3rd generation. www.dentstore.md
- [83] Simon JS, Galletti C, Weichmann D. Système d'orthodontie lingual individualisé. EMC, Paris, odontologie/orthopédie dentofaciale. 2007. 23-490.
- [84] Guillaume J. Collage indirect en technique linguale au laboratoire. 11p. E-mail : orthojoseph@aol.com.
- [85] Gerber R. L'évolution de l'Orthodontie Linguale de 1975 jusqu'à nos jours. Thèse pour diplôme d'état de docteur en chirurgie dentaire, Paris. 2011. 57-58.
- [86] International Orthodontics. Le collage direct précis de brackets orthodontiques linguaux avec KommonBase. ScienceDirect. mar, 2010. (8):14-27. www.sciencedirect.com.
- [87] Carlotta NE et Julia R. L'orthodontie invisible chez l'adulte technique linguale vs invisaling. 19 Avr, 2017. www.lefildentaire.com.
- [88] Pitts T. Pitt's Protocol. Orthoclassic. 2015
- [89] Pitts T, Castellanos T. Smile arc protection in indirect bonding. Orthoevolve. 2015.
- [90] Pitts T. Bracket positioning for smile arc protection. Mar 2017 JCO
- [91] Gagna F. Les boîtiers auto-ligaturants en orthodontie ; thèse 2007. Université de Nantes unité de formation et de recherche d'odontologie
- [92] Bjoern L, Dirk B, Sebastian B. Self-Ligating Brackets in Orthodontics. current Concepts and Techniques.
- [93] Berger IJ. Self-ligating in the year 2000, J Clin Orthoc 2000 ; 34(2):74-81
- [94] SPEED system orthodontics (laboratoire) commonly asked questions about self-ligation and the SPEED appliance. Ontario; Strite Industrie, Q/A book 2005.
- [95] Bhalajhi S.I. Orthodontics - The Art and Science. 3rd Edition, Arya (Medi) Publishing House, New Delhi, 2003. P7, 183-190, 207, 220, 274-309-310-321, 322-323, 454-455, 466\_467
- [96] Dorignac D, Bardin E, Bazert C, Devert N, Diongue A, Duhart A.M. Biomécanique Orthodontique et Notion de Force Légère. EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Odontologie/Orthopédie dentofaciale, 23-490-B-10, 2008. P2-6, 10, 11, 13, 14, 17, 19.
- [97] Amoric M. Orthopédie dentofaciale. Appareillages et méthodes thérapeutiques Généralités, choix et décisions. EMC (Elsevier, Paris.), Odontologie/Stomatologie, 23-490-A10, 1999. P7.
- [98] Gurkeerat. Textbook of Orthodontics, 2eme Édition. India: JP médical Ltd; 2007. P256, 260\_265, 321, 327, 328, 332, 335, 468, 472-473-477, 485-488, 542-543.

[99] Parkhouse Richard. Tip-EdgeOrthodontics. Paris, Elsevier science, 2003. P 5-18.

[100] <https://informatique-dentaire.fr>, Débaguage et polissage

[101] Pichon P. Etablissement d'un protocole innovant de collage indirect des attaches orthodontiques assisté par ordinateur : revue de la littérature. Thèse. Université de Bordeaux Collège des Sciences de la Santé UFR des Sciences Odontologiques. 2018