

UNIVERSITÉ DE NANTES
UNITÉ DE FORMATION ET DE RECHERCHE D'ODONTOLOGIE

Année 2020

N° 3640

Correction des infraclusions antérieures à l'aide d'aligneurs

THÈSE POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR
EN CHIRURGIE DENTAIRE

*présentée
et soutenue publiquement par*

Sophie DESERCES

née le 23 juillet 1994

Le 26 mars 2020 devant le jury ci-dessous

Président : Monsieur le Professeur Bernard GIUMELLI

Assesseur : Monsieur le Docteur Stéphane RENAUDIN

Directeurs de thèse : Monsieur le Docteur Marc-Henri NIVET

Madame le Docteur Fabienne JORDANA

UNIVERSITE DE NANTES	
<u>Président</u> Pr LABOUX Olivier	
	
FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE	
<u>Doyen</u> Pr GIUMELLI Bernard	
<u>Assesseurs</u> Dr RENAUDIN Stéphane Pr SOUEIDAN Assem Pr WEISS Pierre	
	
PROFESSEURS DES UNIVERSITES PRATICIENS HOSPITALIERS DES C.S.E.R.D.	
Mme ALLIOT-LICHT Brigitte	M. LESCLOUS Philippe
M. AMOURIQ Yves	Mme PEREZ Fabienne
M. BADRAN Zahi	M. SOUEIDAN Assem
M. GIUMELLI Bernard	M. WEISS Pierre
M. LE GUEHENNEC Laurent	
PROFESSEURS DES UNIVERSITES	
M. BOULER Jean-Michel	
MAITRE DE CONFERENCES DES UNIVERSITES	
Mme VINATIER Claire	
PROFESSEURS EMERITES	
M. JEAN Alain	
ENSEIGNANTS ASSOCIES	
M. GUIHARD Pierre (Professeur Associé)	Mme LOLAH Aoula (Assistant Associé)
MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES PRATICIENS HOSPITALIERS DES C.S.E.R.D.	ASSISTANTS HOSPITALIERS UNIVERSITAIRES DES C.S.E.R.D.
M. AMADOR DEL VALLE Gilles	M. ALLIOT Charles
Mme ARMENGOL Valérie	M. AUBEUX Davy
Mme BLERY Pauline	Mme ARRONDEAU Mathilde
M. BODIC François	Mme BARON Charlotte
Mme CLOITRE Alexandra	Mme BEAURAIN-ASQUIER Mathilde
Mme DAJEAN-TRUDAUD Sylvie	M. BOUCHET Xavier
M. DENIS Frédéric	M. FREUCHET Erwan
Mme ENKEL Bénédicte	M. GUIAS Charles
M. GAUDIN Alexis	Mme HASCOET Emilie
M. HOORNAERT Alain	M. HIBON Charles
Mme HOUCHMAND-CUNY Madline	M. HUGUET Grégoire
Mme JORDANA Fabienne	M. KERIBIN Pierre
M. KIMAKHE Saïd	M. OUVRARD Pierre
M. LE BARS Pierre	M. RETHORE Gildas
Mme LOPEZ-CAZAUX Serena	M. SARKISSIAN Louis-Emmanuel
M. NIVET Marc-Henri	M. SERISIER Samuel
M. PRUD'HOMME Tony	
Mme RENARD Emmanuelle	
M. RENAUDIN Stéphane	
Mme ROY Elisabeth	
M. STRUILLOU Xavier	
M. VERNER Christian	
PRATICIENS HOSPITALIERS	
Mme DUPAS Cécile (Praticien Hospitalier)	Mme QUINSAT Victoire (Praticien Hospitalier Attaché)
Mme BRAY Estelle (Praticien Hospitalier Attaché)	Mme RICHARD Catherine (Praticien Hospitalier Attaché)
Mme LEROUXEL Emmanuelle (Praticien Hospitalier Attaché)	Mme HYON Isabelle (Praticien Hospitalier Contractuel)

10/12/2019

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

REMERCIEMENTS

À Monsieur le Professeur Bernard GIUMELLI

Doyen de l'UFR Odontologie de Nantes
Département de Prothèses

- NANTES -

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury.

Pour votre grande expérience, votre bienveillance et votre sympathie.

Veillez trouver ici l'expression de mon plus grand respect.

À Monsieur le Docteur Marc-Henri NIVET

Maître de Conférences des Universités

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

Département d'Orthopédie Dento-Faciale

- NANTES -

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la direction de cette thèse.

Pour votre compétence et le partage de vos précieuses connaissances.

Veillez recevoir ici l'expression de tout mon respect et de mon estime.

À Madame le Docteur Fabienne JORDANA

Maître de Conférences des Universités.

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

Docteur de l'Université de Bordeaux

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

- NANTES -

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la direction de cette thèse.

Pour votre compétence et le partage de vos précieuses connaissances.

Veillez recevoir ici l'expression de tout mon respect et de mon estime.

À Monsieur le Docteur Stephane RENAUDIN

Maître de Conférence des Universités

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

Chef du Département d'Orthopédie Dento-Faciale

-NANTES-

Pour m'avoir fait l'honneur de participer à ce jury.

Pour vos qualités humaines, votre accessibilité et votre gentillesse.

Veillez trouver ici l'expression de ma sincère reconnaissance.

À Madame le Docteur Mathilde BEURAIN-ASQUIER

Assistante Hospitalier Universitaire des Centres de Soins d'Enseignement et de
Recherche Dentaires

Département d'Orthopédie Dento-Faciale

-NANTES-

Pour m'avoir fait l'honneur de participer à ce jury.

Pour vos qualités humaines, votre accessibilité et votre gentillesse.

Veillez trouver ici l'expression de ma sincère reconnaissance.

À mes parents, Laurence et Lionel, pour m'avoir supportée, rassurée, coachée pendant ces nombreuses années d'étude. C'est grâce à vous si aujourd'hui j'en suis là. Merci pour tout !

À Mathilde, un exemple de grande sœur. Pour toutes ces soirées endiablées passées ensemble, ces dodos partagés, ces appels téléphoniques d'une heure. Tu es la seule dont les larmes me font immédiatement pleurer avec toi. Tu représentes la douceur de notre fratrie, toujours là pour nous en cas de besoin. Une vraie étoffe de maman.

À Marie, la force tranquille. Certes tu ne parles pas beaucoup, mais il n'y a pas de phrase inutile avec toi. J'adore quand tu nous surprends tous par une de tes réflexions intelligentes !

À Hugo, l'héritier de la famille. Tu as toujours le mot pour rirer mon frère. Tes talents t'emmèneront loin, j'en suis sûre. Même si tu as bien souvent peu confiance en toi, je peux te dire qu'il n'y a qu'admiration dans mes yeux de grande sœur.

À Axel, l'aventurier. Qui aurait cru en te voyant enfant, tout craintif, que tu n'aurais qu'un rêve : voyager le plus possible ? J'ai hâte de venir te voir dans tous les pays où tu vas aller. J'irai où tu iras !

À Pierre, tu es la rencontre la plus folle, la plus improbable et la plus belle que j'ai faite. Qu'aurait été mon internat si nous n'étions pas allés toucher cette grande roue ? Je t'aime un peu plus chaque jour, et d'autant plus maintenant que nos projets se concrétisent. À nous Lyon et la vie d'Adultes !

À Arthur et Rémi, mes frères de cœur. Merci pour ces deux années de folie. Pas toujours sous le signe du travail, mais on a respecté notre réputation de promo la plus chouillarde d'Ortho ! Je ne pensais pas en arrivant à Nantes créer une amitié telle que celle qu'on partage. Je vous l'ai déjà dit bien des fois mais je vous aime !

À Camille, ma co-PACES, co-externe et co-interne. Ça fait maintenant 8 ans que l'on se suit dans nos études. Trop heureuse de t'avoir rencontrée sur ce banc de PACES, sur une conversation sur le sport. Mon parcours n'aurait absolument pas été le même sans toi ! Mais cessons de parler travail, merci aussi ta folie en soirée, ton oreille toujours à l'écoute, tes chants accompagnés de grands sons au piano, et ton esprit sportif qui me pousse de temps en temps à mettre un pied à la salle de sport...

Aux troisièmes années, merci Gwen pour tous tes cas transmis, ta gentillesse et ton grain de folie qui nous ont enflammés quelques soirées. Merci Béné pour tous tes conseils, ton humour et ton second degré mordant. Merci Gaël pour m'avoir poussée à prendre toujours plus de cas, et pour m'avoir de nombreuses fois aidée en clinique malgré mes pleurnichements en fin de soirée. Merci Audrey pour ton naturel, ta spontanéité et ton humour. J'espère te voir plein de fois à Aix.

À Solen, Clotilde et Anaïs, votre petit groupe de fille a gonflé le rang des bordelais au sein de Nantes. Je suis heureuse d'avoir partagé deux années dans ce bureau avec vous. Que seraient les pauses café sans vos ragots ?

À Alexandra, Tom et Marie-Anne, le nouveau trio infernal de Nantes. Une spéciale dédicace à Alexandra pour son sens de l'orthographe mainte fois récompensé par des concours. Merci d'avoir été la première personne à relire cette thèse.

Au groupe des zouz, merci pour ces cinq années de dentaire passées avec vous. Chacune d'entre vous est différente mais c'est ce qui fait votre valeur. J'espère garder cette amitié encore longtemps, pour plus de soirées, plus de week-end et plus de voyages ensemble !

INTRODUCTION.....	14
1 L'INFRACLUSION ANTÉRIEURE	15
1.1 Définition	15
1.2 Étiologies.....	15
1.2.1 Hérité.....	15
1.2.2 Atteintes condyliennes	15
1.2.2.1 Syndromes congénitaux.....	15
1.2.2.2 L'ankylose temporo-mandibulaire	16
1.2.3 Dysfonctions.....	16
1.2.3.1 Ventilation orale	16
1.2.3.2 Position linguale basse, déglutition atypique et phonation	17
1.2.3.3 Muscles masticateurs et faciaux de faible tonicité.....	18
1.2.4 Parafonction.....	18
1.2.5 Facteurs morphologiques	19
1.2.5.1 Frein lingual hypertrophique	19
1.2.5.2 Frein de la lèvre supérieure hypertrophique	19
1.2.5.3 Macroglossie.....	19
1.2.6 Cause iatrogène	19
1.3 Diagnostic.....	19
1.3.1 Béance dentaire et dento-alvéolaire	20
1.3.2 Béance squelettique.....	20
1.3.2.1 Examen exo-buccal	20
1.3.2.2 Examen endo-buccal.....	21
1.3.2.3 Examen fonctionnel	22
1.3.2.4 Examen téléradiographique et céphalométrie	22
1.4 Traitement des infraclusions antérieures.....	24
1.4.1 Prévention	24
1.4.1.1 Levée des obstacles anatomiques	24
1.4.1.2 Apprentissage des bonnes habitudes	24
1.4.2 Interception des fonctions.....	25
1.4.2.1 Rééducation active, consciente.....	25
1.4.2.2 Rééducation passive, non consciente	26
1.4.2.2.1 Les appareils amovibles	26
1.4.2.2.1.1 L'éducateur fonctionnel.....	26
1.4.2.2.1.2 L'enveloppe linguale nocturne (ELN).....	26
1.4.2.2.1.3 Le Bianotor.....	26
1.4.2.2.1.4 Le régulateur de fonction FRANKEL	27
1.4.2.2.1.5 La plaque palatine avec grille anti-langue	27
1.4.2.2.2 Les appareils fixes	28

1.4.2.2.2.1	<i>Quad Hélix avec grille anti-langue</i>	28
1.4.2.2.2.2	<i>La perle de TUCAT</i>	28
1.4.3	Orthopédie	28
1.4.3.1	Les forces extra-orales à traction haute (occipitale).....	28
1.4.3.2	La fronde mentonnière verticale	29
1.4.3.3	Les plaques de surélévation molaire	30
1.4.3.4	Le « rapid molar intruder »	32
1.4.4	Orthodontie	34
1.4.4.1	Contrôle vertical postérieur.....	34
1.4.4.1.1	FEO à traction haute	34
1.4.4.1.2	Ancrages squelettiques	34
1.4.4.1.3	Extractions	40
1.4.4.1.3.1	<i>Avulsions molaires</i>	40
1.4.4.1.3.2	<i>Avulsion de prémolaires</i>	40
1.4.4.2	Contrôle vertical antérieur.....	41
1.4.4.2.1	Utilisation et optimisation des élastiques orthodontiques.....	41
1.4.4.2.1.1	<i>Elastiques de fermeture de béance</i>	41
1.4.4.2.1.2	<i>Elastiques de classe II et III</i>	41
1.4.4.2.2	Les arcs de base en technique bioprogressive de RICKETTS	42
1.4.4.2.3	La technique Edgewise.....	43
1.4.5	Traitement ortho-chirurgical.....	45
1.4.5.1	Traitement orthodontique pré-chirurgical	45
1.4.5.2	Chirurgies orthognathiques de l'excès du sens vertical	46
1.4.5.2.1	Ostéotomies de Lefort 1 maxillaires	46
1.4.5.2.1.1	<i>Ostéotomie de Lefort 1 un fragment</i>	46
1.4.5.2.1.2	<i>Ostéotomie de Lefort 1 multi-fragments</i>	47
1.4.5.2.2	Ostéotomies mandibulaires	48
1.4.5.2.2.1	<i>Ostéotomie en L inversé de TRAUNER</i>	48
1.4.5.2.2.2	<i>Ostéotomie sagittale d'OBWESER-DAL PONT</i>	49
1.4.5.2.3	Génioplastie	51
1.4.5.2.3.1	<i>Oséotomie horizontale de glissement</i>	52
1.4.5.2.3.2	<i>La génioplastie fonctionnelle précoce</i>	52
1.4.5.2.3.3	<i>Le Chin Wing de TRIACA</i>	53
1.4.5.2.4	Stabilité	54
1.4.5.3	Traitement orthodontique post-chirurgical	55
1.5	Contention	55
1.5.1	La récurrence des béances antérieures.....	55
1.5.2	Les moyens de contention	55

2	TRAITEMENT PAR ALIGNEURS <i>Invisalign</i>® : RAPPELS ET REVUE DE LA LITTÉRATURE.....	57
2.1	Généralités	57
2.1.1	Historique	57
2.1.2	Evolution des gouttières <i>Invisalign</i> ®	59
2.1.3	Les aligneurs de nos jours	63
2.2	Prescription et plans de traitement	64
2.2.1	<i>Clin-Check</i>	64
2.2.2	Egression antérieure relative	68
2.2.3	Egression antérieure vraie	69
2.2.4	Egression antérieure et ingression postérieure	69
2.2.5	Traitement ortho-chirurgical.....	71
2.3	Revue de la littérature	74
2.3.1	Efficacité et prévisibilité des mouvements dentaires	74
2.3.1.1	Caractéristiques des revues systématiques	75
2.3.1.2	Résultats de chaque revue systématique et leur analyse.....	75
2.3.2	Contrôle des mouvements de fermeture d'une béance antérieure.....	79
2.3.2.1	Caractéristiques des articles	80
2.3.2.2	Résultats	84
2.3.2.3	Conclusion	89
2.4	Stabilité.....	90
3	PROTOCOLE DE RECHERCHE.....	91
3.1	Introduction et justification de l'étude.....	91
3.2	Matériel et méthode	92
3.2.1	Type d'étude	92
3.2.2	Population étudiée	93
3.2.3	Méthode d'évaluation.....	94
3.2.4	Critères de jugement.....	97
3.2.5	Analyse statistique	101
3.3	Limites	101
	CONCLUSION	103
	BIBLIOGRAPHIE	104
	INDEX DES ILLUSTRATIONS	113
	INDEX DES TABLEAUX.....	116

Introduction

La bécance antérieure est une dysmorphose de la dimension verticale d'origine basale ou alvéolaire, se traduisant par un recouvrement incisif insuffisant ou absent (1).

Sa prévalence est d'environ 1,4 à 3,5 % dans la population caucasienne, 9,1 à 16,5 % dans la population afro-américaine. Même si ce pourcentage peut sembler faible, surtout dans la population caucasienne, la proportion de patients traités pour bécance est élevée puisqu'elle représente 17 % des patients orthodontiques (2).

Le traitement de la bécance antérieure est un réel défi pour l'orthodontiste car les étiologies sont multiples et peuvent parfois se combiner entre elles. De plus la stabilité des traitements est souvent difficile à maintenir.

Les méthodes de traitement conventionnelles impliquent chez le patient en cours de croissance une réorientation de la direction de croissance par prévention, interception des fonctions et des appareils orthopédiques. Chez l'adulte, la correction de la bécance est soit obtenue par des compensations dento-alvéolaires d'égression incisive antérieure et/ou d'ingression molaire, soit obtenue par un traitement ortho-chirurgical. Ces deux techniques de traitement nécessitent la mise en place d'un appareil orthodontique fixe. Or, ceux-ci sont de moins en moins acceptés chez les patients adultes. Ils souhaitent un traitement invisible et rapide, avec le minimum de contraintes possibles. Le traitement par aligneurs semble être un accord entre les besoins esthétiques du patient et une possibilité clinique réelle.

Les traitements par aligneurs sont-ils efficaces dans le traitement de la bécance antérieure ? Par quels mouvements dento-alvéolaires et jusqu'à quel point permettent-ils la correction d'une bécance antérieure ?

C'est dans l'objectif de répondre à ces questions que seront abordés dans un premier temps l'infraclusion antérieure dans ses généralités, puis le traitement des bécances antérieures avec des aligneurs, en comparant les recommandations qui sont faites avec la littérature. Et enfin une courte introduction à mon protocole de recherche.

1 L'infraclusion antérieure

1.1 Définition

La béance antérieure est une dysmorphose de la dimension verticale d'origine basale ou alvéolaire, se traduisant par un recouvrement incisif insuffisant ou absent.

Il nous faut différencier l'infra-alvéolie de l'infra-gnathie (1).

Ces béances peuvent être symétriques ou asymétriques, associées à des anomalies du sens sagittal et ou transversal. Elles sont plus ou moins étendues (3).

1.2 Étiologies

1.2.1 Hérédité

Celle-ci peut se manifester à plusieurs niveaux (4):

- Transmission des dimensions mandibulaires et de la hauteur faciale antérieure.
- Transmission des caractéristiques musculaires telles que la tonicité ou les comportements neuromusculaires.

1.2.2 Atteintes condyliennes

Qu'elle soit congénitale ou acquise, toute atteinte du condyle qui implique le cartilage condylien et limite sa croissance entraîne le développement ou l'aggravation d'une hyperdivergence mandibulaire par postéro-rotation (4).

1.2.2.1 *Syndromes congénitaux*

Ceux-ci se développent au cours de la vie intra-utérine.

Parmi ces syndromes, nous pouvons citer (5):

- Les syndromes du premier arc branchial : comme la dysostose mandibulo-faciale de Franceschetti-Zwahlen ou les hypocondylies congénitales et agénésies condyliennes ;
- Le syndrome de Pierre Robin ;

- La maladie de Crouzon ;
- Le syndrome de PFEIFFER.

1.2.2.2 *L'ankylose temporo-mandibulaire*

Il s'agit de la fusion du condyle mandibulaire à la base du crâne. Elle a des conséquences dramatiques sur la croissance et le développement ultérieur de l'hémi-mandibule côté ankylose (4).

Celle-ci est essentiellement d'origine traumatique ou inflammatoire (4):

- Fracture du condyle mandibulaire.
- Arthrite juvénile rhumatoïde.

1.2.3 Dysfonctions

1.2.3.1 *Ventilation orale*

Selon l'ANAES (3), la ventilation orale physiologique est une ventilation de suppléance pendant l'effort physique. Dans tout autre contexte, elle doit être considérée comme dysfonctionnelle.

Elle peut avoir plusieurs causes (6):

- Etiologies dysmorphiques : pincement des auvents narinaux, des auvents nasaux et des fosses nasales;
- Etiologies dysfonctionnelles : rhinites et rhinopathies, polyposes nasosinusiennes, polypes ainsi qu'amygdales et végétations hypertrophiques.

Une adaptation posturale se met en place chez le ventilateur buccal afin de faciliter sa respiration (6).

En effet, une étude (7) menée sur 140 enfants (70 diagnostiqués comme ayant des symptômes d'obstruction du sommeil depuis plus de 6 mois et un groupe contrôle d'un effectif équivalent) a pu établir des différences morphologiques et posturales significatives entre les 2 groupes :

- Une position de l'os hyoïde plus basse qui se traduit par une position basse de la langue ;
- Un couloir aéro-pharyngé rétréci ;
- Une position en extension de la tête ;
- Un abaissement et une rotation postérieure de la mandibule ;
- Un manque de bascule vers le bas et l'avant du maxillaire.

Cette adaptation posturale a pour conséquence une croissance verticale de la face. L'idée selon laquelle une ventilation orale entraîne la constitution d'un « faciès adénoïdien » ou « syndrome de face longue » est largement répandue de nos jours, mais cela reste un sujet très débattu et controversé (4).

1.2.3.2 Position linguale basse, déglutition atypique et phonation

Les dents sont en position d'équilibre entre deux couloirs musculaires (coté médial : la langue ; coté latéral : la sangle labio-jugale).

Cette notion fut résumée par CHATEAU sous le nom de « couloir dentaire » (8).

Selon BOURGE, la langue agit par son anatomie (volume et emplacement) et son fonctionnement (déglutition et phonation) (9).

Ainsi, les conséquences morphologiques sont :

- Une infra-alvéolie par défaut de croissance des procès alvéolaires antérieurs ;
- Endo-alvéolie ou endo-maxillie par défaut d'action transversale de la langue.

La durée cumulée de la pression de la langue lors de la déglutition et de la phonation est de quelques minutes par 24 heures à comparer aux 4 à 6 heures nécessaires pour initier le mouvement dentaire ce qui relativise son importance. Par contre, la position de la langue au repos a une réelle influence sur l'équilibre musculaire du couloir dentaire et donc elle présente un rôle modelant sur les arcades dentaires et leur support (3)(4).

Par conséquent, une déglutition atypique ou une phonation perturbée seules ne semblent pas suffisantes pour justifier d'une infraclusion antérieure. Mais, elles peuvent être le signe d'une dysfonction linguale ou se développer dans un contexte anatomique de béance antérieure (10).

1.2.3.3 Muscles masticateurs et faciaux de faible tonicité

Les enfants présentant une béance auraient une faible tonicité musculaire.

Les muscles masticateurs, en particulier le muscle masséter, ont un rôle prépondérant dans la morphogénèse crânio-faciale. Les patients présentant une hyperdivergence ou « syndrome de face longue » ont une activité musculaire moindre (11).

L'amplitude des forces occlusales serait alors insuffisante pour inhiber le développement vertical des secteurs alvéolo-dentaires postérieurs (12).

La sangle labio-jugale constitue quant à elle la composante centripète des forces s'exerçant sur le « couloir dentaire » de CHATEAU. Si celle-ci a une activité réduite (faible tonicité musculaire, inoclusion labiale au repos +/- en fonction), alors la force centrifuge devient plus importante que la force centripète, pouvant ainsi entraîner le développement d'une infraclusion antérieure (13).

1.2.4 Parafonction

Les parafonctions sont définies par les habitudes orales qui ne correspondent pas à un but précis de succion, mastication, déglutition ou de communication liées à des actes nécessaires de la vie. Elles comprennent « le suçage digital ou d'un linge, les tics de mordillement de la lèvre et le bruxisme » (14).

La parafonction associée à la béance dans la littérature est celle de succion non nutritive (pouce / doigt / tétine) (11)(4).

Une revue systématique et méta-analyse menée en 2016 (15) conclut d'un lien entre la parafonction de succion non-nutritive et l'établissement d'une malocclusion (augmentation du surplomb, articulé inversé et béance antérieure). Seulement, ces

résultats sont à considérer avec prudence car les études incluses utilisent des méthodologies différentes et avec un niveau de preuve souvent insuffisant.

1.2.5 Facteurs morphologiques

1.2.5.1 *Frein lingual hypertrophique*

En cas de frein lingual court, la langue est maintenue en permanence en position basse et antérieure (16).

1.2.5.2 *Frein de la lèvre supérieure hypertrophique*

Un frein labial trop court, trop volumineux ou en « rideau » peut être responsable d'une infraclusion antérieure. Celui-ci peut freiner la croissance alvéolaire du maxillaire supérieur et antérieur (13).

1.2.5.3 *Macroglossie*

La macroglossie est une cause certaine d'infraclusion antérieure. La langue adoptera une position très antérieure au repos et en fonction. Il nous faudra différencier la macroglossie relative (dysharmonie entre le volume de la langue et l'espace qui lui est réservé) et la macroglossie absolue (souvent signe d'une pathologie générale) (17).

1.2.6 Cause iatrogène

L'égression étant le mouvement le plus simple à obtenir, de nombreux appareils orthopédiques et orthodontiques peuvent entraîner une égression des secteurs latéraux qui, mal contrôlée, entraîne une ouverture du sens vertical.

Ceci est d'autant plus facile et préjudiciable que le patient est déjà hyperdivergent (1).

1.3 Diagnostic

Le terme de béance regroupe les béances dentaires, dento-alvéolaires et squelettiques (11).

Un examen clinique (exo- et endo-buccal), des examens complémentaires (téléradiographie de profil, céphalométrie, photos exo- et endo-buccales, moulages) et un examen fonctionnel nous permettront d'établir un diagnostic différentiel.

Celui-ci est essentiel car il définit le pronostic du traitement de la béance (1).

1.3.1 Béance dentaire et dento-alvéolaire (1)

L'approche diagnostique et thérapeutique repose sur l'occlusion incisive verticale. Ce sont en effet les variations du recouvrement par rapport à la normale qui les révèlent le plus souvent.

La notion de recouvrement normal est difficile à définir. Plusieurs auteurs s'y sont essayés :

- Amplitude variant entre 2-3 mm, parfois 4 mm ;
- Recouvrement de 20% de la couronne clinique des incisives mandibulaires selon RICKETTS ;
- Espace d'inocclusion entre les molaires de 0 à 2 mm en bout à bout incisif (PHILIPPE).

L'ANAES définit l'infraclusion antérieure d'origine alvéolaire comme une « absence ou insuffisance de recouvrement incisif, concernant les incisives supérieures, inférieures ou les deux, et les canines parfois » (3).

1.3.2 Béance squelettique (1)

C'est une béance qui a pour origine un développement verticale excessif des maxillaires, ce qui entraîne des perturbations esthétiques et fonctionnelles plus ou moins importantes.

1.3.2.1 *Examen exo-buccal*

L'examen facial de face permet de constater :

- Une augmentation de l'étage inférieur ;
- Un effacement des plis faciaux et plus particulièrement du sillon labio-mentonnier ;
- Une inoclusion labiale ou une occlusion labiale forcée au repos ;
- Une lèvre supérieure courte ;
- Des ailes du nez étroites
- Une ligne du sourire variable selon la présence de compensations alvéolaires antérieures.

L'examen facial de profil nous révèle :

- Un profil convexe ;
- Une hauteur faciale antérieure et inférieure augmentées ;
- Une hauteur faciale postérieure fortement diminuée par rapport à la hauteur faciale antérieure ;
- Un angle goniale ouvert ;
- Un menton effacé.

1.3.2.2 Examen endo-buccal

À l'examen intra-arcade, on constate ;

Au maxillaire :

- Une voûte palatine profonde et souvent étroite (par manque de stimulation de la langue) ;
- Une hauteur des procès alvéolaires postérieurs augmentée (compensation verticale de la zone alvéolaire) ;
- Une courbe de SPEE accentuée. Celle-ci peut être soit continue soit avec une rupture en regard des incisives.

À la mandibule :

- Une courbe de SPEE plate, voire inversée.

À l'examen inter-arcade, on constate une occlusion incisive qui peut être variable selon

l'existence ou non de compensations alvéolaires antérieures :

- Infraclusion incisive ou béance, elles s'étendent alors au-delà des canines.
- Occlusion normale ou supraclusion par la présence de compensations alvéolaires qui sont le plus souvent mandibulaires.

Un décalage dans le sens transversal (endoalvéolie ou endognathie) et antéro-postérieur peut être également observé.

1.3.2.3 Examen fonctionnel

L'anamnèse et l'examen clinique fonctionnel recherchent tous les facteurs étiologiques possibles de la béance antérieure.

1.3.2.4 Examen téléradiographique et céphalométrie (18)

La téléradiographie de profil et l'analyse céphalométrique permettent de confirmer le diagnostic squelettique, de quantifier sa sévérité, de préciser le siège de l'anomalie (face postérieure, face antérieure) et d'évaluer les compensations alvéolaires.

La téléradiographie de profil permet également d'estimer chez l'enfant le type de croissance (signes de Björk).

- Analyse de TWEED :

Dans cette étude, le sens vertical est analysé selon le triangle de Tweed.

La ligne de référence choisie par Tweed est le plan de FRANCFORT, le deuxième côté du triangle est le plan mandibulaire de Downs, le troisième coté est constitué par l'axe de l'incisive inférieure.

L'angle FMA qui se situe entre le plan de FRANCFORT et le plan mandibulaire permet de définir la direction de croissance.

Lorsque l'angle FMA $> 31^\circ$, la croissance est dite verticale.

- Analyse de SCHUDY :

Pour SCHUDY, c'est le rapport entre la hauteur et la profondeur faciale qui objective le sens vertical. En deçà de 70%, on parle d'hyperdivergence.

- Analyse de RICKETTS : (19)

Cinq paramètres permettent de définir la typologie faciale, les valeurs données correspondent à un enfant de 9 ans.

	Brachyfaciale	Mesofaciale	Dolichofaciale
Axe facial (Na-BA / Pt-Gn)	>93°	90° +/- 3	< 87°
Angle facial (Na-Pog / PHF)	> 90°	87° +/- 3	< 84°
Plan mandibulaire (PHF / Plan mandibulaire)	< 22°	26° +/- 4	> 30°
Hauteur faciale antérieure (ENA / Xi-PM)	< 43°	47° +/- 4	> 51°
Arc mandibulaire (DC / Xi-PM)	> 30°	26° +/- 4	< 22°

Tableau 1 Valeurs de la dimension verticale avec l'analyse de Ricketts (19)

La direction de croissance est déterminée par l'axe facial.

L'angle facial renseigne sur la position du menton.

L'angle du plan mandibulaire renseigne sur la forme de la mandibule et son importance dans le schéma facial.

La hauteur faciale antérieure caractérise la divergence des 2 mâchoires et donc l'importance verticale de l'étage masticatoire de la face.

L'arc mandibulaire définit la morphologie mandibulaire.

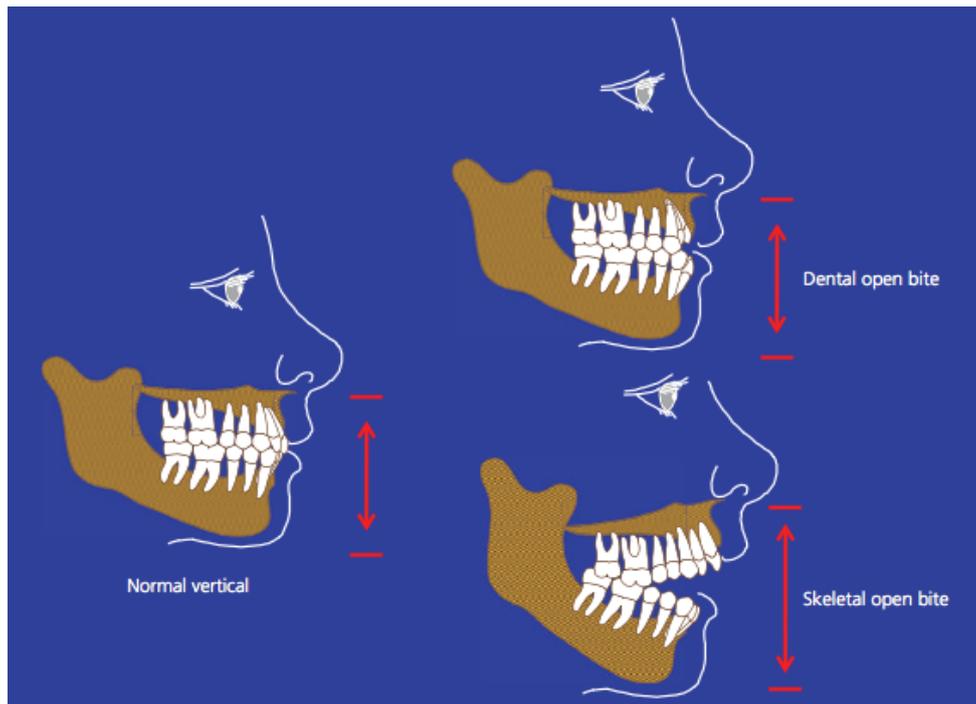


Figure 1 Schéma d'une occlusion normale, une béance dento-alvéolaire et une béance squelettique (20)

1.4 Traitement des infraclusions antérieures

1.4.1 Prévention

1.4.1.1 *Levée des obstacles anatomiques*

Une suppression des obstacles par chirurgie ou par traitement médicamenteux est tout d'abord envisagée.

- Bilan ORL accompagné d'une amydalectomie et/ou adénoïdectomie si nécessaire (6) ;
- Frénectomie du frein lingual en cas d'ankyloglossie suivie d'une rééducation orthophonique (21) ;
- Glossoplastie chez un patient atteint d'une macroglossie vraie ou primaire, mais cet acte reste hautement déconseillé (17).

1.4.1.2 *Apprentissage des bonnes habitudes*

Pour la ventilation : des habitudes de mouchage, favoriser le réflexe narinaire par

massage des ailes du nez et des exercices d'inspiration-expiration strictement nasales (6).

Pour l'alimentation : un allaitement au sein, des habitudes de préhension et mordillement ainsi qu'une alimentation variée et non mixée en denture mixte sont encouragés.

Pour les tétines : utilisation de tétines fonctionnelles orthodontiques (22).

1.4.2 Interception des fonctions

1.4.2.1 *Rééducation active, consciente*

La rééducation active ou myothérapie fonctionnelle demande une grande coopération du patient. Les parents, lorsque le patient est enfant, ont une part de contrôle et de soutien également (23).

Elle peut commencer vers 8-9 ans, stade de maturation de l'organisation sensorimotrice (24).

Elle débute par la suppression des parafonctions (habitudes de succion non nutritives) soit par une simple conversation avec l'enfant, ou grâce à des méthodes (sparadraps autour du pouce, vernis avec un goût désagréable ...) (23).

Le second temps de la myothérapie fonctionnelle est l'éducation de la musculature oro-faciale. Elle peut être effectuée par un orthodontiste, un orthophoniste ou un kinésithérapeute de la sphère oro-faciale et consiste en la répétition d'exercices jusqu'à compréhension du nouveau schéma oro-facial (23).

Enfin elle se termine par l'intégration du nouveau schéma dans l'inconscient. Cette phase-ci est la plus délicate mais est indispensable. Cet ajustement des activités est possible en mettant en place un conditionnement de type pavlovien, par un système de rappels, de signes et répétitions du schéma oro-facial (23).

1.4.2.2 Rééducation passive, non consciente

Elle s'effectue à l'aide de dispositifs fonctionnels qui travaillent dans les trois sens de l'espace sans délivrer de force sur les dents. Ils aident à repositionner les lèvres, la langue et encouragent la ventilation nasale (25).

1.4.2.2.1 Les appareils amovibles

1.4.2.2.1.1 L'éducateur fonctionnel (26)

Les actions de ces appareils sont de plusieurs types :

- Déverrouiller les ATM et donc la croissance ;
- Aider à la ventilation orale ;
- Aider la langue à se placer au palais ;
- Agir sur le sillon labio-mentonnier ;
- Mettre la musculature à distance ;
- Guider et aligner les dents.

Il existe des éducateurs fonctionnels de plusieurs sortes : selon l'âge, la malocclusion du patient (classe II ou III dentaire) et les objectifs recherchés.

1.4.2.2.1.2 L'enveloppe linguale nocturne (ELN)

L'ELN guide et maintient la langue en position haute (27).

Elle a une action sur (28):

- La position linguale au repos : la langue est maintenue en position haute ;
- La ventilation : elle a un rôle d'écran oral empêchant toute ventilation orale ;
- La déglutition : l'ouverture sélective antérieure est conçue pour offrir à la langue un appui antérieur, papillaire, rétro-incisif.

Cet appareil se porte la nuit et 1h avant le coucher.

1.4.2.2.1.3 Le *Bianotor* (29)

Le *Bianotor* est un activateur qui dérive de l'activateur d'ANDREASEN. Il est

particulièrement indiqué dans les cas de classe II avec béance.

Il a une action sur :

- La position linguale au repos et la déglutition grâce à une base adaptée aux procès alvéolaires linguaux ;
- La ventilation.

Il doit être porté en permanence.

Selon une étude (29), le *Bianotor* a pour effets :

- Une diminution du surplomb ;
- Une augmentation du recouvrement entre 1,3 et 2,7mm grâce à une égression des incisives maxillaires et mandibulaires et un contrôle de l'égression physiologique des molaires ;
- Une fermeture de l'angle formé entre le plan palatin et le plan mandibulaire.

1.4.2.2.1.4 Le régulateur de fonction FRANKEL (30)

Il s'agit d'un monobloc rigide.

Dans la littérature, les effets du FRANKEL sont une augmentation du recouvrement de 2,63 à 5 mm, surtout par linguo-version des incisives maxillaires.

Il permet de muscler la sangle labio-jugale et favorise la ventilation nasale.

Mais cet appareil est à utiliser avec précaution dans le cas d'un patient hyperdivergent car il a pour effet parasite d'augmenter la rotation postérieure de la mandibule.

1.4.2.2.1.5 La plaque palatine avec grille anti-langue (30)

Elle a une action sur la position linguale au repos et peut également aider à l'arrêt de la succion du doigt.

Dans la littérature, ses effets sont essentiellement dento-alvéolaires par extrusion et linguo-version des incisives mandibulaires et maxillaires.

Cependant, les effets sont moins importants qu'avec les appareils fixes avec grille anti-langue. Ceci est certainement dû à la compliance nécessaire du patient et des parents (31).

1.4.2.2.2 Les appareils fixes

1.4.2.2.2.1 Quad Hélix avec grille anti-langue (30) (31)

Cet appareil a les mêmes actions et effets dento-alvéolaires que la plaque palatine avec grille, mais avec des résultats supérieurs.

1.4.2.2.2.2 La perle de TUCAT (32)

Il s'agit d'une perle mobile située en rétro-incisif, soutenue par un arc palatin ou un Quad-hélix.

Elle a une action sur la langue grâce à son aspect ludique. L'enfant joue à faire tourner la perle ce qui permet de tonifier la langue et de changer sa posture au repos.

De plus, de par sa position, elle empêche un contact doigts-palais et peut aider à supprimer cette parafonction.

1.4.3 Orthopédie

L'orthopédie concerne toute action qui entraîne une modification au niveau des bases osseuses.

1.4.3.1 *Les forces extra-orales à traction haute (occipitale)*

Selon LANGLADE (33), « les forces extra-orales (FEO) sont représentées par des dispositifs prenant leur point d'appui hors de la cavité buccale ».

Elles sont constituées (25) :

- D'un casque ou bande à appui péri-crânien (occipital, médian ou cervical) ;
- D'un arc facial soudé ou non à un arc interne qui transmet la force élastique de traction orientée. Les branches de cet arc facial peuvent être plus ou moins courtes et à traction haute ou basse.

Elles ont des actions sur le contrôle ou le mouvement de la première molaire maxillaire, dans le sens sagittal et vertical (34).

Les FEO à traction cervicale ont une composante égressive non souhaitable dans le cas d'une béance antérieure. Ce sont les FEO à traction haute ou occipitale qui sont indiquées, particulièrement dans le cas d'une classe II associée.

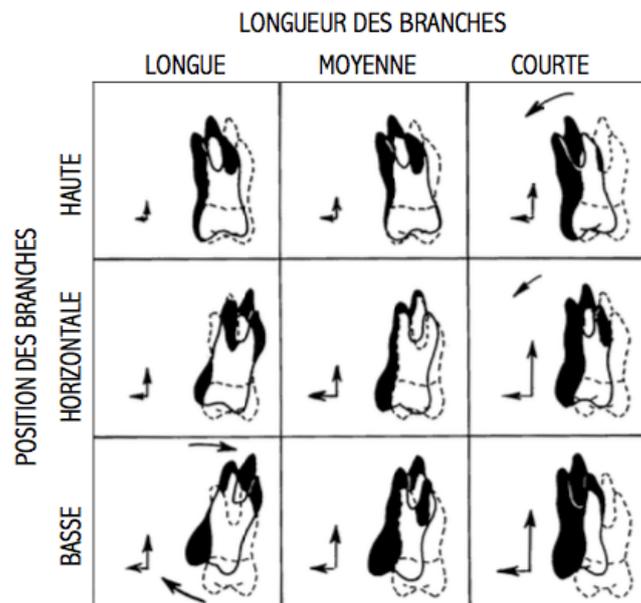


Figure 2 Effets des FEO à traction occipitale sur la première molaire maxillaire d'après LANGLADE (33)

Les branches courtes à traction basse sont celles qui permettraient le plus de moment d'ingression molaire sans mouvements parasites de version d'après LANGLADE (33).

Selon une revue systématique (30), les FEO ont pour effet :

- Une linguo-version des incisives maxillaires ;
- Une réduction de la croissance du maxillaire ;
- Un contrôle de l'égression et mésialisation physiologique de la première molaire maxillaire ;
- Une croissance alvéolaire de la première molaire mandibulaire.

1.4.3.2 La fronde mentonnière verticale (35)(36)

Elle consiste en des forces appliquées au niveau du menton. Elle se compose d'une mentonnière reliée à un casque par des élastiques.

Elle a pour action :

- Une réduction de la béance de 3,9 mm en moyenne (30) ;
- Une rotation antérieure de la mandibule ;
- Aucun contrôle de la première molaire.

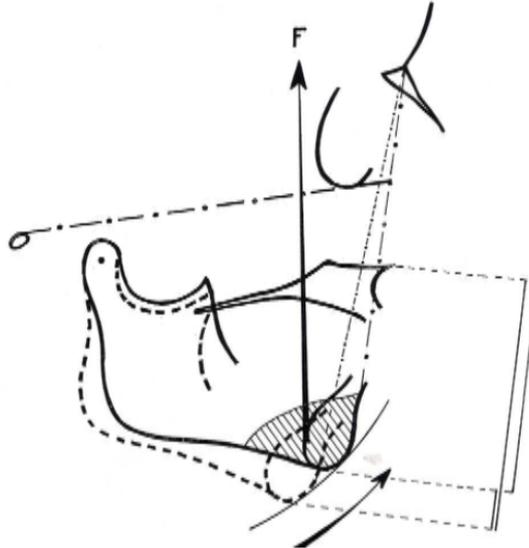


Figure 3 Effets squelettiques de la fronde mentonnière d'après LANGLADE (33)

Cette technique sera indiquée sur une durée courte pour les cas de classe I ou II avec excès vertical antérieur et sans trouble articulaire. Elle est souvent associée à une technique fixe de traitement des béances (FRANKEL, plaque palatine avec grille anti-langue ...).

Elle est cependant peu à peu abandonnée dans notre pratique moderne.

1.4.3.3 Les plaques de surélévation molaire (37)(38)

Il existe plusieurs types de plaques de surélévation molaire :

- Les plaques de surélévation passives : interposition d'une couche de résine acrylique de 5 à 10 mm d'épaisseur ;

- Les plaques de surélévation magnétiques : interposition de bandes magnétiques répulsives au niveau des molaires.

Ce sont des appareils amovibles portés entre 14 et 18 heures par jour pendant 6 à 8 mois. Ils peuvent être également fixes, mais l'inconvénient est la maîtrise de l'hygiène.

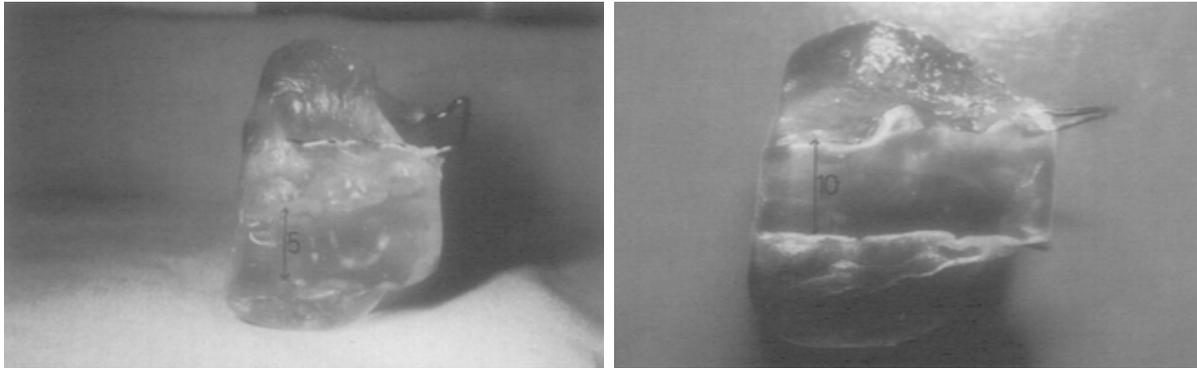


Figure 4 Plaques de surélévation molaire de 5 mm (à gauche) et 10 mm (à droite) (37)

Kiliaridis *et al.* a comparé les plaques de surélévation passives et magnétiques et en a conclu qu'elles induisaient toutes les deux une ingression postérieure, grâce aux forces masticatoires ou aux forces magnétiques à composante verticale, et une égression antérieure (39).

Une augmentation du recouvrement allant de 2,25 à 4,58 mm peut être attendue avec les plaques de surélévation passives et de 2 à 4,9 mm pour les plaques magnétiques (30).

Cependant, les plaques de surélévation magnétiques délivrent également des forces à composante horizontale qu'il faudra contrôler par des ailettes latérales ou l'adjonction d'un arc palatin ou lingual afin de prévenir le développement d'un articulé inversé.

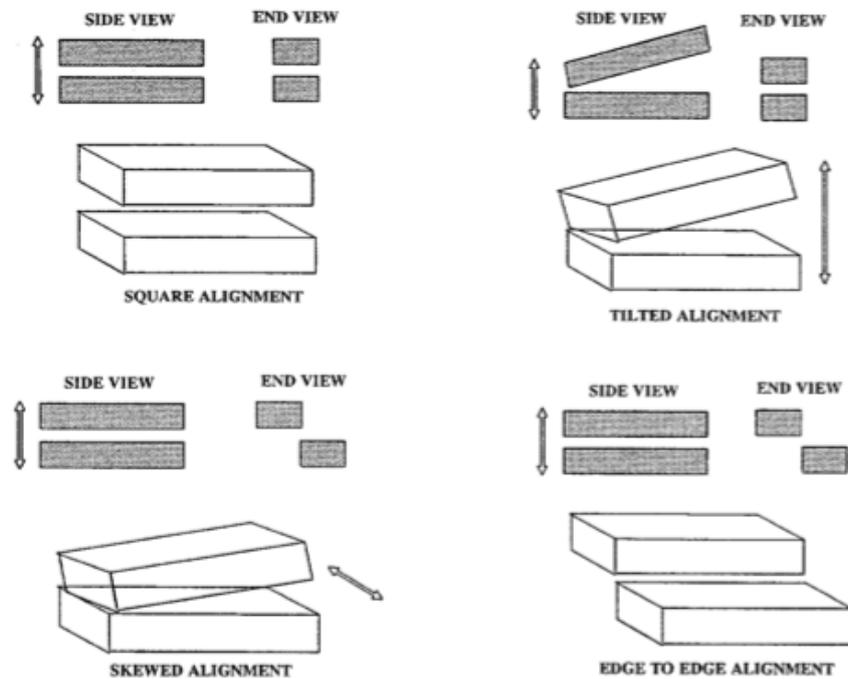


Figure 5 Forces de répulsion des aimants, en vue sagittale et frontale, selon différentes orientations (carrés, inclinés, asymétriques, bord à bord) (38)

Ce schéma illustre bien la composante horizontale exprimée selon l'alignement des dents.

1.4.3.4 Le « rapid molar intruder » (30)(40)

C'est un appareil fixe qui délivre des forces verticales aux premières molaires maxillaires et mandibulaires. Il se compose d'une tige flexible reliée aux bagues munies d'un tube de force extra-orale via des tiges rigides.

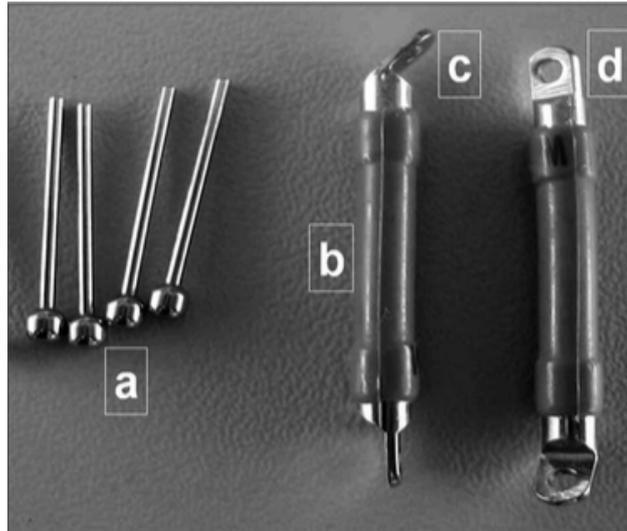


Figure 6 Composants du "rapid molar intruder" : (a) boules de connexion, (b) ressort, (d) tige angulée terminale, (e) tige droite terminale (40)

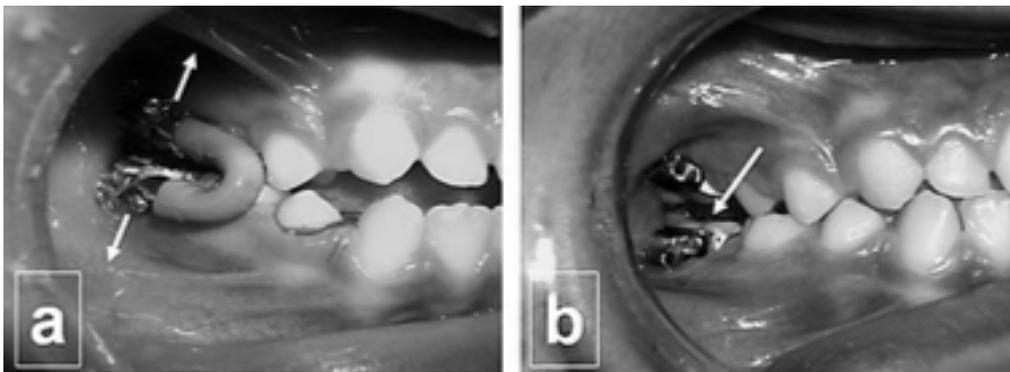


Figure 7 (a) Transfert direct des forces intrusives sur les premières molaires maxillaires et mandibulaires, (b) Inocclusion des molaires maxillaires et mandibulaires peu après la dépose de l'appareil (40)

Il peut être utilisé chez un patient en période de croissance.

Il a pour effets (30) :

- Une augmentation du recouvrement de 3,1 à 4,55 mm ;
- Une ingression de la première molaire maxillaire et mandibulaire ;
- Une version distale des premières molaires pouvant être contrôlée par un arc transpalatin ou un arc lingual ;
- Une autorotation mandibulaire.

1.4.4 Orthodontie

Le traitement de la béance antérieure en orthodontie peut se faire de deux manières différentes : soit par ingression postérieure, soit par égression antérieure (41).

1.4.4.1 *Contrôle vertical postérieur*

Les indications de l'ingression postérieure chez un patient ayant une béance antérieure sont (1) :

- Un déséquilibre vertical sévère ;
- Une supraclusion postérieure par égression compensatrice des molaires ;
- Une ligne du sourire haute ;
- Un parodonte fin car l'égression des incisives induit un allongement et un amincissement des procès alvéolaires.

1.4.4.1.1 FEO à traction haute (33)

Celles-ci ont été décrites dans la partie orthopédie.

Elles peuvent également être associées à un traitement orthodontique afin de contrôler l'égression parasite entraînée par certaines mécaniques ou afin de réaliser un mouvement d'ingression plus ou moins accompagné d'un mouvement de distalisation de la première molaire maxillaire (*cf diagramme de LANGLADE*).

1.4.4.1.2 Ancrages squelettiques (42)

Ceux-ci peuvent être de deux types :

- Mini-plaques d'ancrage : en T au maxillaire placée sur la zone zygomatoc-maxillaire et en I à la mandibule en avant du foramen mentonnier ou sur la face externe de la branche mandibulaire. Elles communiquent avec la cavité buccale via une attache boule qui émerge au niveau de la ligne muco-gingivale. (43)



Figure 8 Mini-plaques en T placées sur la zone zygomatico-maxillaire (43)

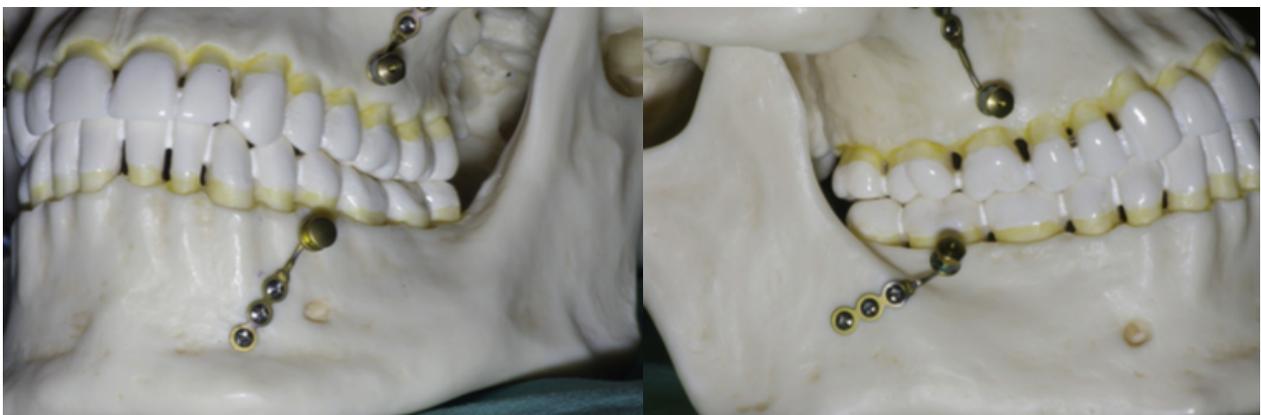


Figure 9 Mini-plaques en L placées en avant du foramen mentonnier (à gauche) et sur la face externe de la branche montante (à droite) (43)

- Mini-vis : vis en titane de 1,3 - 1,4 mm de diamètre et de 6 - 7 mm de longueur quand elles sont placées en vestibulaire et de 1,4 - 1,5 mm de diamètre et 9 -11 mm de longueur en palatin. Celles-ci peuvent être placées au maxillaire en vestibulaire entre les dents 5 et 6 et/ou entre les dents 6 et 7 et en palatin entre les dents 5 et 6 ; à la mandibule elles peuvent être placées entre les dents 5 et 6. (42)

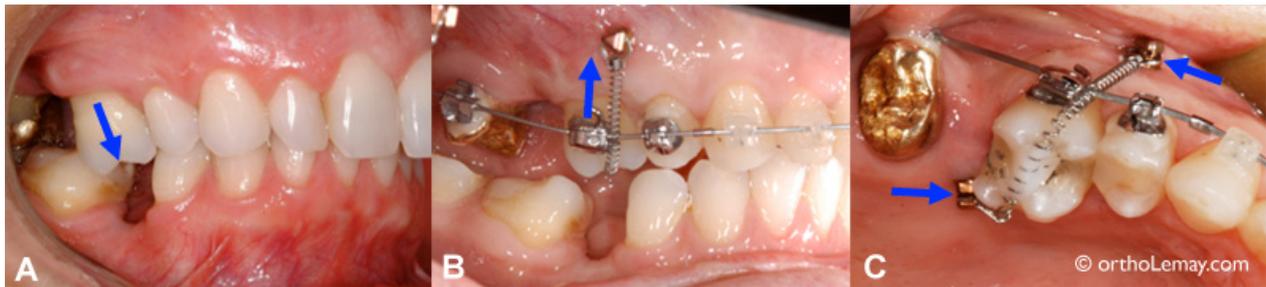


Figure 10 (a) Première molaire maxillaire égréssée, (b) Ingression sur mini-vis vestibulaire et palatine à l'aide d'un ressort Nitinol en vue sagittale, (c) Ingression sur mini-vis à l'aide d'un ressort Nitinol en vue occlusale (44)

L'intensité de l'activation lors de l'ingression active est de 150 g environ, utilisant préférentiellement des ressorts Nitinol ou bien des chainettes élastomériques.

Elle nécessitera un contrôle vestibulo-lingual et mésio-distal des molaires à ingresser, soit à l'aide d'un arc transpalatin ou une mini-vis palatine au maxillaire, soit d'un arc lingual ou un arc pleine taille avec du torque radiculo-lingual à la mandibule (42).

Le temps d'ingression varie entre 12 semaines (45) et 6 mois (46), puis la dimension verticale est stabilisée grâce à une ligature métallique reliant la première molaire à l'ancrage squelettique.

Le choix du protocole dépendra de 3 facteurs (42):

- La sévérité du déséquilibre facial vertical ;
- L'occlusion antérieure (béance antérieure) ;
- Les rapports dents antérieures et lèvres (ligne du sourire).

1 – Hyperdivergence modérée avec béance antérieure sans sourire gingival (42):

Il est préconisé de placer des mini-implants postérieurs au maxillaire. Les effets seront principalement une ingression de la molaire maxillaire accompagnée de l'égréssion des incisives maxillaires sans recourir au port intensif des TIM verticaux antérieurs.

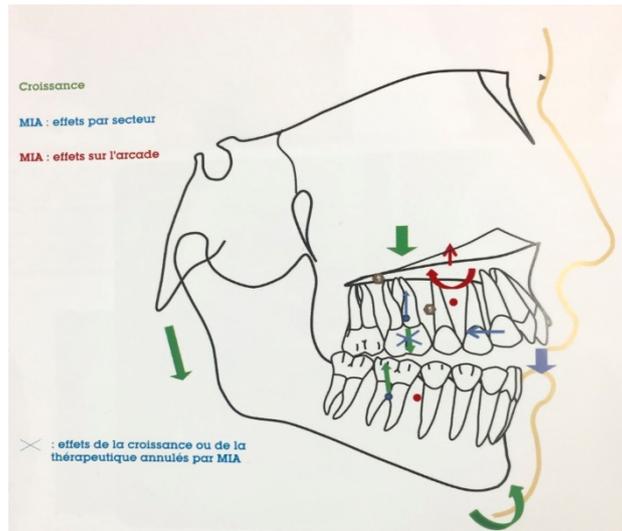


Figure 11 Effets de l'ingression postérieure maxillaire sur la croissance, l'arcade et les mouvements dento-alvéolaires (42)

2 – Hyperdivergence sévère avec béance antérieure et sans sourire gingival (42) :

Dans ce cas de figure plus sévère, des mini-implants postérieurs aux deux arcades sont mis en place. Ce protocole permet une rotation horaire du plan d'occlusion et une antérotation de la mandibule permettant la fermeture de la béance.

Le contrôle et l'ingression de la molaire mandibulaire empêchent son égression physiologique qui perturbe l'auto-rotation de la mandibule. (10)

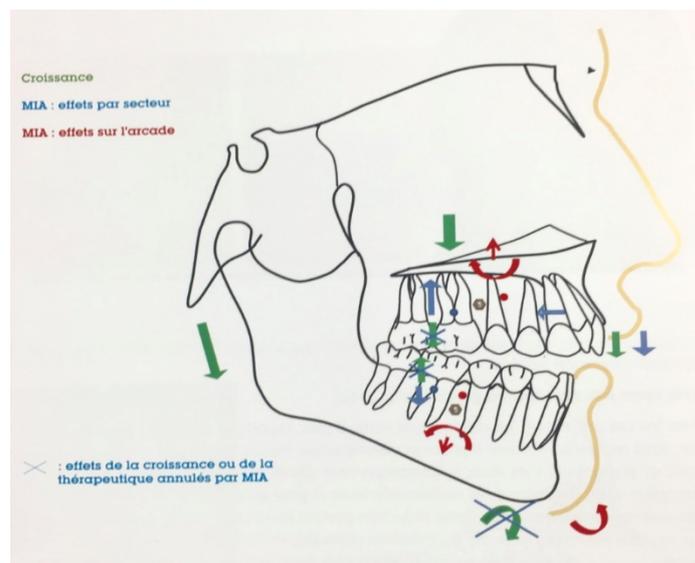


Figure 12 Effets de l'ingression postérieure maxillaire et mandibulaire sur la croissance, l'arcade et les mouvements dento-alvéolaires (42)

3 – Hyperdivergence sévère avec béance antérieure et sourire gingival (42) :

Les mini-implants postérieurs aux deux arcades sont associés à des mini-implants maxillaires antérieurs pour assurer une impaction à la fois antérieure et postérieure de l'arcade maxillaire. La fermeture de la béance étant assurée par antérotation mandibulaire, en minimisant l'égression de l'incisive maxillaire.

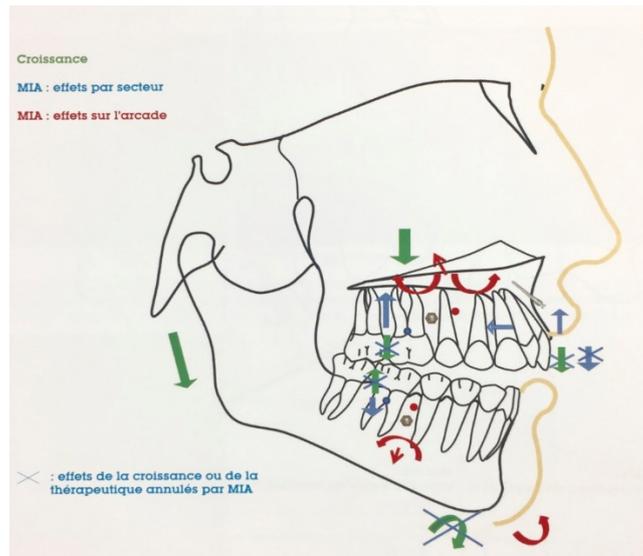


Figure 13 Effets de l'ingression postérieure maxillaire et mandibulaire combinée à une ingression antérieure sur la croissance, les arcades et les mouvements dento-alvéolaires (42)

De nombreuses études céphalométriques ont été réalisées sur les effets squelettiques et dento-alvéolaires de l'ingression molaire avec ancrage osseux.

Toutes les études (47)(46)(48)(49)(50)(45)(51)(52)(53)(54) rapportent une fermeture de la béance antérieure.

Les effets dento-alvéolaires sont :

- Une vraie ingression molaire maxillaire et mandibulaire de 1,99mm à 2,36 mm (47)(49)(50)(51)(52)(53)(54) ;
- Une égression des incisives maxillaires et mandibulaires sans usage intensif d'élastiques antérieurs (48)(53) ;

- Une réorientation du plan d'occlusion en bas et en avant (47)(46)(48)(49)(45)(51)(52)(53)(54).

Les effets squelettiques sont (47)(46)(48)(49)(50)(45)(52)(53)(54)(55) :

- Une autorotation de la mandibule ;
- Une augmentation du SNB entraînant donc la diminution du ANB ;
- Une diminution de la hauteur faciale inférieure.

Les effets sur les tissus mous sont (46)(48)(55) :

- Un profil moins convexe ;
- Une diminution de la hauteur faciale inférieure avec une occlusion labiale non forcée et un sillon labio-mentonnier plus physiologique ;
- Une position de la lèvre inférieure plus haute et en avant.

Ces effets squelettiques et esthétiques sont les mêmes que ceux attendus après une chirurgie orthognathique, qui est le traitement de référence de la béance squelettique chez l'adulte. C'est pour cela que dans la littérature (56), l'ingression postérieure sur un ancrage squelettique est présentée comme une alternative au traitement ortho-chirurgical.

Il n'existe que peu d'études sur la stabilité des traitements avec ancrage squelettique.

R. Scheffler *et al.* (51) a réalisé une étude céphalométrique sur 33 patients dont la béance a été corrigée par ingression de la première molaire maxillaire sur plaque d'ancrage. Une téléradiographie de début (T1), de fin de traitement (T2), à 1 an de contention (T3) et à 2 ans de contention (T4) ont été analysées. L'étude conclut à une récurrence par ré-égression de la première molaire de 0,5mm. 70% de ces récurrences sont survenues au cours de la première année de contention.

Baek *et al.* (54) ont également étudié la stabilité du traitement de la béance par ingression de la première molaire maxillaire sur 9 patients adultes après 3 ans de contention. L'étude conclut à une ré-éruption de 0,45 mm de la molaire maxillaire, soit 22,88% de récurrence.

80 % de la récurrence survient lors de la première année de contention. Le recouvrement incisif récurrence de 17 % avec une diminution du recouvrement de 1,20 mm.

En conclusion, beaucoup d'études existent sur la correction des béances avec ancrage squelettique. Mais, celles-ci ont des méthodes différentes, avec un nombre d'inclusion de patients souvent insuffisant ; rares sont celles qui incluent la présence d'un groupe contrôle (48)(51) et peu analysent la stabilité des traitements.

1.4.4.1.3 Extractions

Pendant de nombreuses années, l'avulsion de dents permanentes faisait partie de l'arsenal thérapeutique du traitement de l'excès vertical squelettique (41).

1.4.4.1.3.1 Avulsions molaires

La disposition des molaires dans le compas maxillo-mandibulaire, leur participation à la hauteur faciale et l'importante croissance alvéolaire à leur niveau ont conduit certains auteurs (57) à proposer des extractions de molaires pour fermer la dimension verticale, réduire l'hyperdivergence et tenter de modifier la direction de croissance.

Cependant, les diverses études ne mettent pas statistiquement en évidence cet effet positif des extractions molaires sur la divergence squelettique (57).

La précocité des extractions de molaires serait cependant un facteur favorable à la réduction du sens vertical et une réorientation de la croissance mandibulaire (58)(59).

1.4.4.1.3.2 Avulsion de prémolaires

L'avulsion de prémolaires ne met pas non plus statistiquement en évidence un effet sur la dimension verticale squelettique (60)(61).

D'une manière générale, les extractions sont plus fréquentes chez les patients hyperdivergents pour (1) :

- Eviter les risques d'aggravation du sens vertical par des mouvements de distalisation ;

- Obtenir un redressement des incisives favorable à la réduction de la convexité du profil et à la fermeture des béances antérieures.

1.4.4.2 *Contrôle vertical antérieur*

1.4.4.2.1 Utilisation et optimisation des élastiques orthodontiques (62)

Histologiquement, le mouvement orthodontique optimum est observé dans le respect de l'intégrité du système vasculaire. Une force optimale ne devrait pas excéder la pression sanguine capillaire (20 à 25 g/cm²).

La prescription des forces prend en compte :

- Les onces indiquées par le fabricant : 1 once = 28,35 grammes ;
- Le diamètre de l'élastique : la force indiquée sur le paquet est valable pour un étirement de l'élastique de 3 fois sa longueur.

Elle peut également se faire grâce à un dynamomètre.

LANGLADE recommande une force de 40 à 50 grammes pour des mouvements verticaux sur les secteurs incisifs, quand les dents sont en occlusion. La force sera de 150 g en ouverture buccale.

Les élastiques sont à utiliser avec précaution, avec une disposition adaptée à la typologie et la malocclusion du patient.

1.4.4.2.1.1 Élastiques de fermeture de béance (62)

- Élastiques en U : composante d'égression des incisives mandibulaires surtout.
- Élastique rectangulaire antérieur ou boîte antérieure : composante d'égression des incisives mandibulaires et de contraction des incisives maxillaires.

1.4.4.2.1.2 Élastiques de classe II et III (62)

Les élastiques de classe II et III ont tous deux pour effets d'induire une rotation postérieure de la mandibule et une augmentation de l'étage inférieur. Cette dernière est plus ou moins importante selon l'intensité des forces et la durée du port des élastiques.

Pour les élastiques de classe II :

- Egression de la molaire mandibulaire ;
- Distalisation des secteurs latéraux maxillaires ;
- Bascule vers le bas et l'avant du plan d'occlusion.

Dans un cas de classe II avec béance squelettique, il faudra donc contrôler l'égression des molaires et le plan d'occlusion (FEO, des mini-vis postérieures maxillaires et/ou mandibulaires et élastiques courts de la dent 3 maxillaire à la dent 5 mandibulaire).

Pour les élastiques de classe III :

- Version mésiale et extrusion de la première molaire maxillaire ;
- Bascule vers l'avant et le haut du plan d'occlusion mandibulaire.

Dans un cas de classe III avec béance squelettique, la solution sera donc la plupart du temps chirurgicale.

1.4.4.2.2 Les arcs de base en technique bioprogressive de RICKETTS (19)

La technique bioprogressive est un concept global élaboré par RICKETTS à la fin des années 1950.

Ses principes fondamentaux sont :

- Utilisation d'arcs à section rectangulaire (016x016 inch) ;
- Utilisation de forces légères ;
- Segmentation des arcades.

L'arc de base est le système fondamental qui donne son originalité et sa performance à la méthode. Il a été conçu pour remplir deux fonctions essentielles :

- Stabilisation et redressement des molaires,
- Ingression ou égression des incisives.

Arc de base d'égression mandibulaire :

- Elgiloy bleu de section 016x016 inch ;

- Information molaire : tip forward de 45° ;
- Information incisive : léger torque radiculo-lingual.

Arc de base d'égression maxillaire :

- Elgiloy bleu de section 016x022 inch ;
- Information molaire : tip forward de 45° ;
- Information incisive : léger torque radiculo-palatin afin de contrer la linguo-version.

Les arcs de base sont utilisés avec des sectionnels de stabilisation afin d'annuler la version corono-mésiale de la molaire induite par l'information de tip-forward, et optimiser le mouvement d'égression des incisives.

1.4.4.2.3 La technique Edgewise

Utiliser la technique Edgewise signifie utiliser un fil de section rectangulaire par son bord étroit dans des brackets de 018x025 inch (33).

Dans le traitement des béances, la technique Edgewise utilisait historiquement des arcs à boucles multiples (41)(63)(61)(48) peu à peu remplacés par des arcs en Nickel-Titanium avec courbe de SPEE au maxillaire et courbe de SPEE inversée à la mandibule (64)(65).

Ces deux techniques suivent les mêmes séquences de traitement :

- Phase de nivellement des arcades avec un arc rond de section 018 inch ;
- Fermeture de la béance grâce à des arcs à boucles multiples en acier ou des arcs NiTi avec courbe de SPEE au maxillaire et courbe de SPEE inversée à la mandibule de sections de 016x022 inch (63) ou 017x025 inch (65), et des élastiques antérieurs de canine à canine ;
- Phase de stabilisation avec des arcs aciers et des élastiques antérieurs.

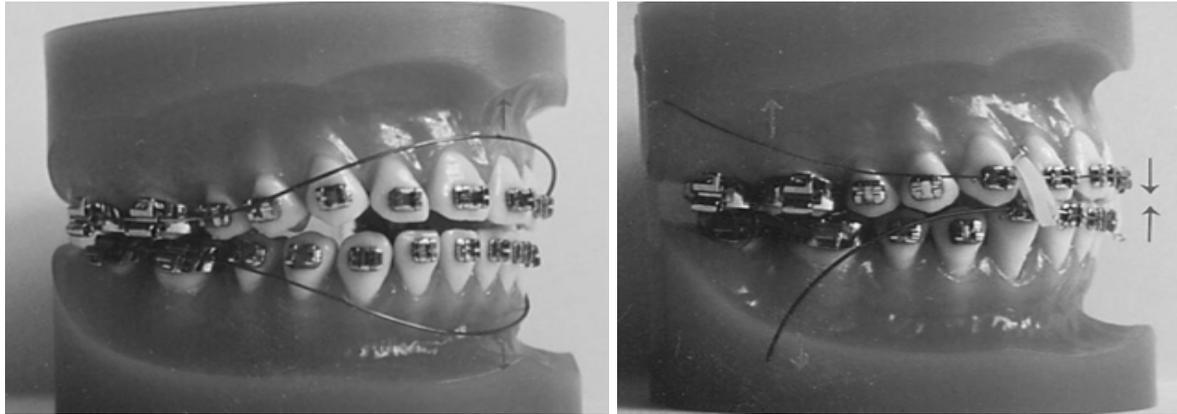


Figure 14 Composante des forces exercée par des arcs NiTi avec courbe de SPEE au maxillaire et courbe de SPEE inversée à la mandibule (à gauche) et par ces arcs Niti avec des élastiques antérieurs (64)

La plupart des études concluent à une rotation postérieure de la mandibule accompagnée d'une augmentation de la hauteur faciale (64)(63)(65)(48), pour les effets squelettiques.

Les effets dento-alvéolaires sont :

- Une augmentation du recouvrement par égression, redressement et recul des incisives maxillaires et égression et redressement des incisives mandibulaires ;
- Une égression et redressement des secteurs postérieurs mandibulaires ;
- Une égression de la molaire maxillaire contrôlée et une stabilisation des prémolaires ;
- Une bascule des plans d'occlusion maxillaires et mandibulaires l'un vers l'autre.

Au niveau esthétique, une étude montre un recul de la lèvre supérieure significatif (61).

Enfin, au niveau de la stabilité des traitements, les études ne démontrent pas de différences significatives entre les radiographies de fin de traitements et celles en phase de contention (61)(48) exceptée une (64) qui note une récurrence significative par égression des molaires et prémolaires maxillaires. Cependant, les patients étaient encore en croissance, ce qui peut constituer un biais.

1.4.5 Traitement ortho-chirurgical

C'est le traitement de choix d'une béance squelettique chez l'adulte (56).

L'indication d'un traitement ortho-chirurgical chez des patients porteurs de béances antérieures sont :

- Un déséquilibre vertical sévère ;
- Une béance antérieure avec un sourire gingival ;
- Un préjudice fonctionnel dû à une inoclusion labiale ;
- Un déséquilibre antéro-postérieur associé au déséquilibre vertical ;
- La récurrence ou l'échec d'un traitement antérieur.

Il s'agit d'un traitement pluridisciplinaire associant une préparation orthodontique, suivie d'une chirurgie orthognathique et de finitions (1).

1.4.5.1 Traitement orthodontique pré-chirurgical (1)

Le traitement orthodontique pré-chirurgical remplit les objectifs de nivellement des arcades maxillaires et mandibulaires en respectant la béance qui est fermée chirurgicalement par la suite.

Tous les dispositifs orthodontiques de nivellement peuvent être utilisés. L'ensemble des dents doivent être appareillées.

Cette préparation a pour but d'assurer la congruence des arcades, vérifiée grâce à des moulages en plâtre.

La spécificité de la préparation chirurgicale dans le traitement des béances est l'axe de l'incisive maxillaire et mandibulaire. Ils doivent être en corrélation avec l'axe de leurs bases osseuses. Ils ne doivent pas être trop verticaux car la chirurgie orthognathique induit une rotation postérieure du plan palatin et une rotation antérieure du plan mandibulaire (66).

De plus, selon l'importance et la continuité de la courbe physiologique au maxillaire, le nivellement peut se faire en technique continue ou segmentée.

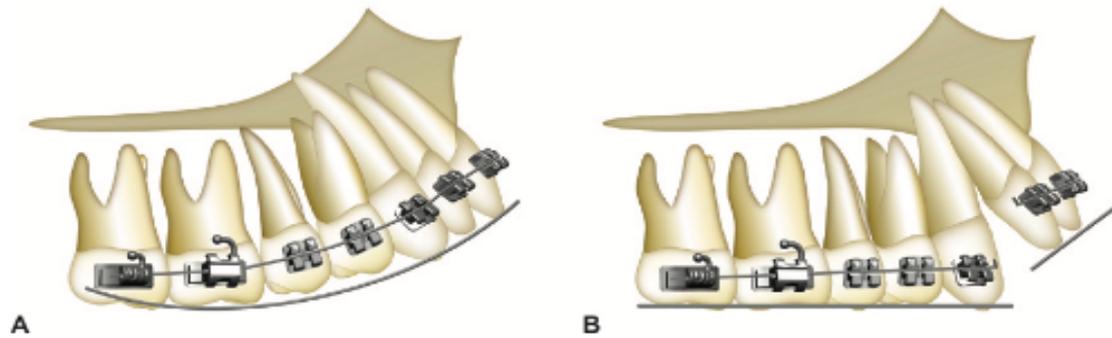


Figure 15 (a) Nivellement en technique continue, (b) Nivellement en technique segmentée (66)

1.4.5.2 Chirurgies orthognathiques de l'excès du sens vertical (66)(67)(68)

1.4.5.2.1 Ostéotomies de Lefort 1 maxillaires

Les indications d'une ostéotomie de Lefort 1 du maxillaire seule sont une béance antérieure d'origine maxillaire, avec une égression compensatrice des molaires maxillaires excessive, une orientation vers le haut et l'avant du plan palatin et un décalage sagittal des maxillaires peu important (69)(68).

1.4.5.2.1.1 Ostéotomie de Lefort 1 un fragment

Cette intervention est l'intervention la plus commune du traitement chirurgical de la béance antérieure.

Elle peut permettre un avancement du maxillaire, une impaction postérieure ou une épaction antérieure selon les compensations dento-alvéolaires et la ligne du sourire (66).

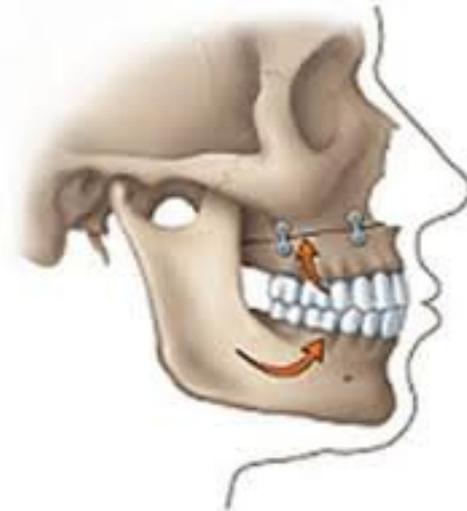


Figure 16 Chirurgie maxillaire de Lefort 1 (70)

Les conséquences squelettiques et esthétiques de cette chirurgie sont (71):

- Une réorientation vers le bas et l'avant du plan d'occlusion ;
- Une libération de la mandibule avec autorotation et avancée ;
- Une diminution du surplomb jusqu'à 3 mm ;
- Un recouvrement antérieur de 3 mm ;
- Une diminution de la hauteur faciale antérieure et une avancée du menton ;
- Un élargissement des ailes nasales en cas d'avancement maxillaire ;
- Un élargissement du couloir aéro-pharyngé et une facilitation de la ventilation nasale.

Seulement, cette ostéotomie de Lefort 1 mono-fragment présente le défaut de ne pouvoir corriger la béance antérieure que dans deux sens de l'espace (vertical et antéro-postérieur).

1.4.5.2.1.2 Ostéotomie de Lefort 1 multi-fragments

Les ostéotomies de Lefort 1 multi-fragments permettent une correction et un contrôle de la béance antérieure dans les trois sens de l'espace (66).

Une ostéotomie de Lefort 1 deux fragments permet de réaliser une expansion concomitante du maxillaire : soit immédiate par disjonction, soit progressive par distraction à l'aide d'un disjoncteur à vérin classique.

Une ostéotomie de Lefort 1 trois ou quatre fragments permet de niveler une courbe physiologique très prononcée au maxillaire. Dans ce cas-ci, une préparation orthodontique par segmentation des arcades est recommandée.

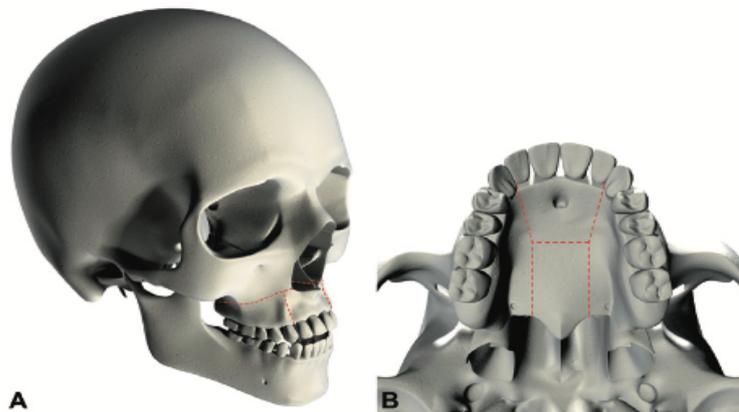


Figure 17 Traits d'ostéotomie de Lefort 1 multi-fragments en vue fronto-sagittale (a) et occlusale (b) (66)

1.4.5.2.2 Ostéotomies mandibulaires

Les ostéotomies mandibulaires sont multiples, elles peuvent être faites seules ou combinées à une ostéotomie de Lefort 1 du maxillaire (69).

Elles sont indiquées en cas d'hypodéveloppement (classe II squelettique) ou d'hyperdéveloppement (classe III squelettique) de la mandibule associé à la bécance antérieure.

1.4.5.2.2.1 Ostéotomie en L inversé de TRAUNER

Cette ostéotomie a été décrite par TRAUNER en 1957. Elle est aujourd'hui presque abandonnée en raison de l'évolution des techniques (72).

Elle permet une correction de l'hyperdivergence mandibulaire par allongement des branches montantes.

Mais ses inconvénients sont multiples (67):

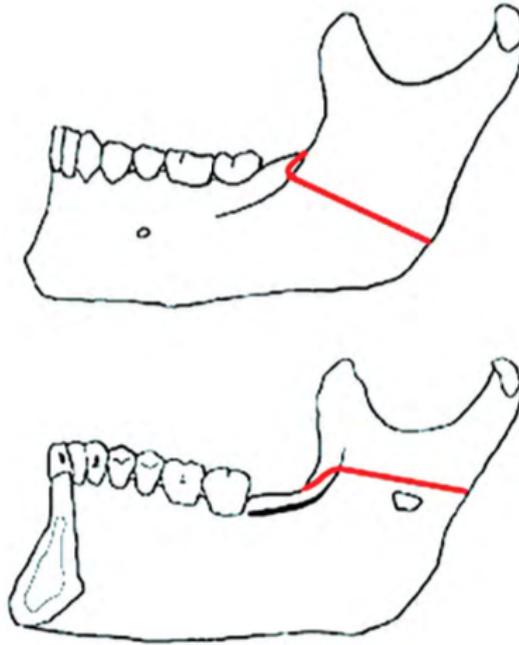
- Blocage maxillo-mandibulaire insuffisamment rigide ;
- Greffe osseuse indispensable en cas d'avancée mandibulaire ;
- Voie d'abord sous angulo-mandibulaire laissant une cicatrice.



Figure 18 Illustration d'une ostéotomie en L inversée de TRAUNER avec génioplastie et ses déplacements (68)

1.4.5.2.2.2 Ostéotomie sagittale d'OBWESER-DAL PONT

Cette ostéotomie sagittale a d'abord été décrite par OBGWESER en 1957 (72).



*Figure 19 Ostéotomie sagittale comme décrite par OBWEGESER (trait interne en haut et externe en bas)
(67)*

Il a décrit une chirurgie avec deux traits horizontaux, parallèles au bord basilaire et sectionnant le ramus. Le clivage sagittal est réalisé, externe au canal dentaire jusqu'au bord basilaire et au bord postérieur de l'angle mandibulaire. La large surface de contact osseux confère de meilleurs résultats.

En 1961, DAL PONT modifie le trait inférieur horizontal pour un trait vertical sur la corticale externe entre la première et la deuxième molaire (73).

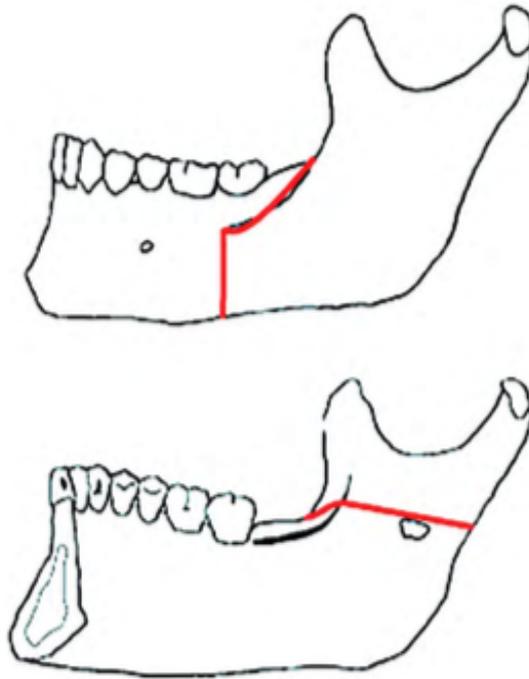


Figure 20 Ostéotomie sagittale modifiée par DAL PONT (trait interne en haut et externe en bas) (67)

Les avantages de cette ostéotomie sont (67):

- La large surface de contact osseux permettant une ostéosynthèse rigide et la non-nécessité d'une greffe osseuse ;
- Un abord vestibulaire et lingual supprimant les cicatrices cutanées et permettant la désinsertion de la sangle ptérygo-massétérine ;
- Une avancée ou un recul de la mandibule optimisés ;
- Un allongement des branches montantes.

1.4.5.2.3 Génioplastie

Une génioplastie permet de mobiliser le menton dans les trois sens de l'espace : abaissement, recul ou avancée.

Elle est la plupart du temps réalisée avec une impaction postérieure ou une chirurgie bi-maxillaire chez un patient hyperdivergent, mais elle peut également être réalisée seule (69).

Ses indications sont (74):

- Esthétique : lorsque le patient a une pro- ou rétro-génie (sens sagittal) ; un excès de hauteur (sens vertical) ; une latéro-génie (sens horizontal).
- Fonctionnelle : permettre un contact bilabiale au repos, qui représente une contention naturelle par la sangle musculaire des lèvres, et autorise une ventilation nasale spontanée.

1.4.5.2.3.1 Oséotomie horizontale de glissement

Il s'agit de la gènioplastie la plus communément utilisée (67)(74).

Le trait d'ostéotomie doit être symétrique et rejoindre le bord basilaire en postérieur 1 cm en arrière et en bas du foramen mentonnier. La distance entre le trait et les apex dentaires doit être de 5 mm au minimum.

Le menton est mobilisé et remplacé en fonction des objectifs du chirurgien.

Enfin l'ostéosynthèse est réalisée.



Figure 21 Illustrations du trait d'ostéotomie horizontale de glissement (à gauche) et son déplacement (à droite) (67)

1.4.5.2.3.2 La gènioplastie fonctionnelle précoce

Elle a été décrite par FRAPIER (75). La gènioplastie est réalisée avec une plastie du frein lingual si nécessaire et une rééducation fonctionnelle labio-linguale et ventilatoire. La moyenne d'âge des enfants était de 14,5 ans.

Elle permettrait donc (75):

- Une amélioration esthétique ;
- Une occlusion labiale allant dans le sens de la rééducation labio-linguale et de la ventilation ;
- Une amélioration de la posture cervico-faciale ;
- Une diminution du syndrome obstructif d'apnée du sommeil.

1.4.5.2.3.3 Le Chin Wing de TRIACA (76)

C'est le Dr Triaca qui a proposé en 2010 un nouveau trait d'ostéotomie. À la différence de son prédécesseur, l'ostéotomie est horizontale. Il permet une mobilisation combinée de la symphyse mentonnière et du bord basilaire mandibulaire.

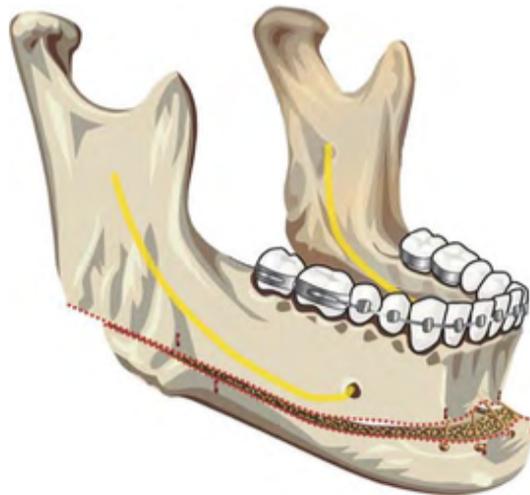


Figure 22 Ostéotomie Chin Wing de TRIACA (67)

Selon Lopez et al., ce type de génioplastie donne des résultats très prédictibles. L'avancée osseuse se répercute idéalement sur les tissus mous et les suites sont meilleures que dans les génioplasties classiques (moins de nécrose) (77).

1.4.5.2.4 Stabilité

La stabilité est un facteur prépondérant dans le choix du type de chirurgie.

Une revue systématique réalisée en 2010 (71) évalue la stabilité des traitements des béances antérieures squelettiques par chirurgie orthognathique.

Elle compare, au court et long terme, la stabilité du recouvrement, de l'angle du plan mandibulaire, de l'angle du plan palatin, de l'angle inter-maxillaire et la hauteur faciale antérieure. Hormis pour le recouvrement, la chirurgie de Lefort 1 présente des résultats plus stables que la chirurgie bimaxillaire sur le long terme.

Aucune étude sur la stabilité des chirurgies mandibulaires seules n'a été effectuée au long terme.

Variable Changes	OB (mm)			MP (°)			PP (°)			PP/MP (°)			Na-Me (mm)		
	↓ >2	↑ >2	≤2	↓ >2	↑ >2	≤2	↓ >2	↑ >2	≤2	↓ >2	↑ >2	≤2	↓ >2	↑ >2	≤2
Le Fort I															
ST	8%	8%	84%	21%	12%	67%	2%	9%	89%	7%	23%	70%	11%	20%	69%
LT	16%	6%	78%	5%	37%	58%	7%	6%	87%	5%	20%	75%	15%	21%	64%
BSSO															
ST	13%	2%	85%	8%	6%	86%	0%	0%	100%	—	—	—	—	—	—
Bimaxillary															
ST	5%	3%	92%	7%	60%	33%	2%	2%	96%	2%	53%	45%	33%	11%	56%
LT	12%	8%	80%	5%	56%	39%	12%	10%	78%	6%	36%	58%	8%	33%	59%

Figure 23 Pourcentage des patients avec une récurrence supérieure à 2 mm ou 2 ° au court et long terme. Abréviations : OB (recouvrement), MP (plan mandibulaire), PP (plan palatin), ST (court terme), LT (long terme) (71)

Mais ces résultats sont à tempérer car les études incluses sont souvent trop disparates, avec des temps de suivi différents et un nombre de patients inclus insuffisant.

Cette récurrence plus importante des chirurgies bimaxillaires peut être expliquée par la mise en tension des tissus mous, particulièrement des muscles masticateurs (sangle ptérygo-massétéline), du très puissant ligament sphéno-mandibulaire, et des muscles sus-hyoïdiens lors d'une ostéotomie mandibulaire (68).

1.4.5.3 Traitement orthodontique post-chirurgical (1)

En per-opérateur, une immobilisation est obtenue par la mise en place d'élastiques (verticaux, antérieurs) sur des crochets fixés sur les arcs.

Le traitement orthodontique post-opérateur débute 6 semaines après le geste chirurgical. Cette étape permet de faire les finitions occlusales nécessaires à un bon contrôle de la récurrence par la mise en place d'un moyen de contention de choix.

1.5 Contention (78)

La récurrence post-orthodontique est la réapparition d'une malocclusion ou de malpositions dentaires qui avaient été corrigées par le traitement orthodontique.

En l'absence d'un traitement préventif, appelé « contention », la récurrence post orthodontique est extrêmement fréquente. Particulièrement dans les cas de béances antérieures de par leur origine multifactorielle.

Comprendre pourquoi et quand la récurrence survient permet d'anticiper un bon moyen de contention.

1.5.1 La récurrence des béances antérieures

Ces malocclusions récidivent fréquemment : dans un tiers des cas après un traitement purement orthodontique, et dans 18% des cas après un traitement ortho-chirurgical (79). La cause de la récurrence est certainement fonctionnelle : position linguale basse, déglutition atypique, ventilation orale, inoclusion labiale. Une fonction physiologique constitue donc une contention naturelle (78).

De plus, la contention doit prendre en compte les autres corrections apportées par le traitement multi-bague : les rotations/versions dentaires, la correction du sens antéro-postérieur et du sens transversal (78).

1.5.2 Les moyens de contention (80)

Il existe plusieurs moyens pour maintenir un résultat stable :

- La contention naturelle : un engrènement des arcades important et précis empêche la ré-égression molaire ; des fonctions masticatoire, ventilatoire et linguale physiologiques empêchent une réouverture de béance (78).
- La contention fixée : une contention collée de 13 à 23 et de 33 à 43 permet de maintenir une distance inter-canine et d'empêcher une récurrence des rotations dentaires dans le secteur incisivo-canin. De nombreux moyens d'attelles collées existent (80).
- La contention amovible :
 - Plaque de Hawley : Elle maintient la forme d'arcade et la dimension transversale mais n'empêche pas la récurrence des rotations. Elle est néanmoins très utilisée dans les cas de béance avec endoalvéolie (80);
 - Gouttière semi-ouverte : cette gouttière recouvrant les molaires-prémolaires et dégageant les bords libres des incisives stabilise la forme d'arcade, la dimension transversale et l'ingression molaire. Mais elle ne maintient pas les rotations des incisives (5);
 - L'enveloppe linguale nocturne (ELN) : elle maintient la dimension transversale et empêche l'interposition linguale en cas de persistance de cette dysfonction. Une rééducation active peut être proposée en parallèle (28);
 - La gouttière thermoformée ESSIX® : cette gouttière réalise une contention rigide, transparente, peu encombrante mais fragile qui maintient l'arc incisivo-canin (80);
 - Le positionneur individualisé : cette contention personnalisée permet un maintien de la correction du sens antéro-postérieur, du sens transversal maxillaire et mandibulaire et une élimination des interférences des tissus mous (80).

2 Traitement par aligneurs *Invisalign*® : rappels et revue de la littérature

2.1 Généralités

2.1.1 Historique

Harold Kesling, précurseur dans ce domaine, a proposé en 1945 le premier aligneur dentaire, nommé « *tooth positioning appliance* ». Cet appareil monobloc souple, en gomme d'ébonite, était destiné aux finitions des traitements orthodontiques (81) avec des multiattaches, profitant ainsi de la malléabilité parodontale résiduelle. Ainsi, après le débagage, des empreintes sont prises sur le patient et deux modèles en plâtre dur sont coulés. Le premier moulage sert de modèle de contrôle tandis que le second est utilisé comme set-up. Sur ce dernier, les dents mal positionnées sont sciées individuellement puis repositionnées dans la posture recherchée. C'est au cours de cette étape que le positionneur est confectionné. Par ailleurs, ce dispositif peut aussi servir de moyen de contention amovible.

Même si Kesling se limita, à l'époque, à la correction de malpositions mineures, il émet toutefois l'idée de réaliser une série de positionneurs afin d'effectuer des mouvements dentaires de plus grande amplitude. (81)

Dans les années 1990, Sheridan développe le système ESSIX® basé sur les mêmes principes que ceux de Kesling. Cependant, il innove en ajoutant sur son aligneur (82):

- Des ergots (*devots*), en regard des dents à déplacer, en déformant la gouttière grâce à un outil à emboutir (pince de Hillard) ou en mettant un composite sur la dent, le but étant d'exercer une pression sur la dent.
- Des fenêtres (*windows*) en utilisant une fraise dans le but de créer un espace dans lequel la dent peut se déplacer.

Ainsi, une série de gouttières sont proposées aux patients. Elles permettent d'effectuer des mouvements dentaires plus importants. Néanmoins, à chaque étape du traitement,

une empreinte est nécessaire pour confectionner un nouveau set-up et, ainsi, une nouvelle gouttière qui sera modifiée par le praticien selon le plan de traitement (83).

La société Dentsply GAC® a repris ce concept pour développer le système *Ideal Smile*®.

En 1997, deux étudiants de l'université de Stanford créent des images tridimensionnelles dans le domaine de l'orthodontie et révolutionnent ainsi la méthode de traitement par aligneurs.

C'est ainsi que l'entreprise « *Align technology* » a créé le système *Invisalign*®.

Il découle de l'utilisation conjointe de deux techniques (84) :

- Le CAD-CAM (computer-aided design and computer-aided manufacturing) qui permet la numérisation par tomographie des empreintes (prises une seule fois avant le début du traitement) afin d'obtenir un set-up en 3D et ainsi prévisualiser virtuellement la totalité du traitement étape par étape.
- La stéréolithographie (imprimante 3D) de résine liquide à visée industrielle qui permet la fabrication, par la conception assistée par ordinateur, d'une série d'aligneurs à partir de leurs images 3D.

Depuis, le système *Invisalign*® a évolué et de nombreuses autres entreprises ont développé leur propre système de gouttière (85) :

- En 1998 : le système *Clear Aligner*® qui s'appuie sur l'utilisation de trois gouttières successives par étape de traitement. Les gouttières sont thermoformées sur le même set-up et permettent un déplacement maximal de un millimètre par étape de traitement.
- En 2006 : le système *Orthocaps*®, qui est actuellement considéré comme le concurrent direct du système *Invisalign*®, reprend le concept de set-up virtuel et de conception et confection assistées par ordinateur.

2.1.2 Evolution des gouttières Invisalign®

Trois générations d'aligneurs se sont succédées (86).

Première génération :

Ce sont les premiers aligneurs du système *Invisalign®*. Ils n'étaient composés d'aucun élément auxiliaire.

Peu d'études sur les mouvements dentaires ont été réalisées sur cette première génération.

En 2005, Djeu *et al.* (87) a comparé 48 patients traités en *Invisalign®* avec un groupe cohorte de 48 patients traités en multi-attaches. La fermeture d'espaces, la correction des rotations antérieures et l'alignement des crêtes marginales étaient significativement similaires entre les deux groupes. Mais la correction des inclinaisons bucco-linguales, du surplomb et l'établissement de contacts occlusaux corrects étaient significativement meilleurs en traitement multi-attaches.

Les aligneurs étaient donc indiqués dans des cas (86) :

- D'encombrements légers à modérés (1 à 6 mm) ;
- De fermetures d'espaces légères à modérées (1 à 6 mm) ;
- De petite récidence après un traitement multi-attaches ;
- D'absence d'un déficit squelettique transversal ou antéro-postérieur.

Seconde génération :

Le système de gouttière évolue avec l'arrivée de taquets en composite collés sur les faces occlusales des dents et la possibilité d'utiliser des élastiques inter-maxillaires.

Ces taquets, dits « taquets conventionnels », sont placés soit par défaut par le logiciel *Invisalign®*, soit par le praticien lui-même grâce à la plateforme de prise en main (86).

Il existe 3 types de taquets (88) :

- Taquet ellipsoïde : c'est le taquet le plus ancien. Il était initialement utilisé afin d'augmenter la rétention des gouttières ou en ancrage. Aujourd'hui Il sert lorsque

la surface de la dent est limitée (face vestibulaire des incisives maxillaires, face linguale des molaires mandibulaires).

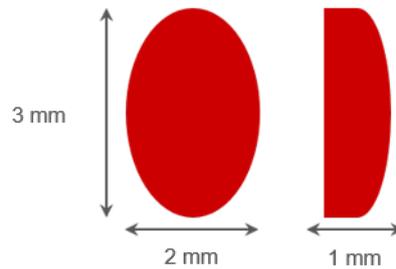


Figure 24 Taquet ellipsoïde en vue frontale et latérale (89)

- Taquet rectangulaire : il peut être placé à la verticale ou à l'horizontale. À la verticale, il permet un contrôle des racines dans le sens mésio-distal. À l'horizontale il permet un contrôle des racines dans le sens vestibulo-lingual ou dans le sens mésio-distal lorsque la face occlusale est trop courte pour placer un taquet vertical.

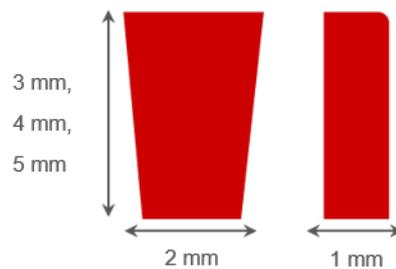


Figure 25 Taquet rectangulaire en vue frontale et latérale (89)

- Taquet biseauté : il peut également être placé à la verticale ou à l'horizontale. La surface biseautée est la surface active du taquet. Pour un mouvement d'égression, le côté biseauté est orienté vers la gencive et placé le plus gingival possible. Au contraire, pour un mouvement d'ingression, il est orienté vers la face occlusale et placé le plus occlusale possible.

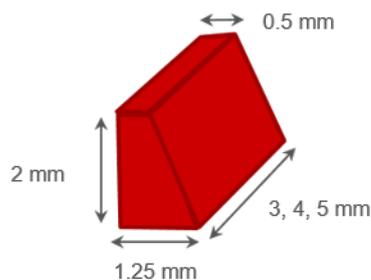


Figure 26 Taquet biseauté (89)

Dans deux études distinctes, Kravitz *et al.* (90)(91) évaluent la précision des mouvements dentaires réalisés avec cette nouvelle génération d'aligneurs.

Dans la première étude (90), les situations initiales et finales de *clin-check* ont été comparées avec les situations cliniques réelles afin d'évaluer l'influence des taquets et de la réduction interproximale (RIP) sur la rotation canine. La précision des mouvements était en moyenne de 35,8%. Les résultats étaient similaires dans les deux groupes (RIP et taquets).

La seconde étude (91) a évalué la précision des mouvements dentaires entre trois groupes (taquets ; RIP ; ni taquets ni RIP). La moyenne de précision des mouvements était de 41%, avec seulement 29,6% de précision pour l'égression. Il n'y avait aucune différence significative entre les trois groupes.

Ces articles concluent que les taquets introduits dans la seconde génération n'augmentent pas la précision des mouvements. Ils ne sont encore indiqués que pour des malocclusions simples comme pour la première génération.

La correction des béances antérieures était difficile à obtenir avec ces gouttières (92).

Troisième génération :

Dans une volonté d'augmenter la précision des mouvements dentaires et d'en améliorer la prédictibilité, de nouveaux taquets dits « taquets optimisés » ou « *smart force* », sont créés.

Ces taquets sont maintenant placés automatiquement par le logiciel *Invisalign®* là où les mouvements dentaires sont requis (égression, ingression, rotation, mouvement de

racine). Leurs formes sont les mêmes que celles de la seconde génération et ils peuvent être utilisés seuls ou à deux afin de réaliser un couple de force (86).

TABLE 4-1 Range of conventional and optimized attachments		
SITUATION	DEFAULT SIZE/PLACEMENT	EXAMPLES
Root control of maxillary central and lateral incisors	Optimized root control attachments: On lateral incisor, one buccal attachment and up to two pressure points when needed	
Root control of canines and premolars	Optimized root control attachments: On premolars, two buccal attachments (space permitting) or one attachment and one pressure point	
Multiplane movement of maxillary lateral incisors	Optimized multiplane features: An optimized attachment on the buccal and a pressure point on the lingual (when needed)	
Rotation of canines and premolars	Optimized rotation attachments	
Extrusion of individual and multiple teeth	Optimized extrusion attachments	
Premolar extraction space closure	Optimized root control attachments on canine and 1-mm vertical rectangular attachments on two distal teeth	
Mandibular incisor extraction space closure	1-mm vertical rectangular attachments placed on two teeth adjacent to the site	
Anterior intrusion without premolar rotation	1-mm horizontal attachment beveled occlusally and placed bilaterally on the first premolar (one in each quadrant)	
Anterior intrusion with premolar rotation	1-mm horizontal attachment beveled occlusally: Optimized attachments are applied to the premolars needing rotation; if both are rotating, no retention attachment is placed	

Figure 27 Type de mouvement indiqué, taquet optimisé associé et leur illustration (88)

De plus, le matériau des gouttières a évolué : « *smart track* ». Celui-ci aurait, d'après l'entreprise *Align*, une performance 75% supérieure à celle de ses concurrents (89).

De nombreux autres auxiliaires ont été conçus (85):

- Des « *bite ramp* » antérieurs afin de lever les supraclusions ;
- Des « *precision cut* » pour la mise en place d'élastiques inter-arcades ;
- Des « *power ridges* » afin d'optimiser le contrôle du torque ;
- Des points de pression pour faciliter l'ingression ou le redressement d'une dent.

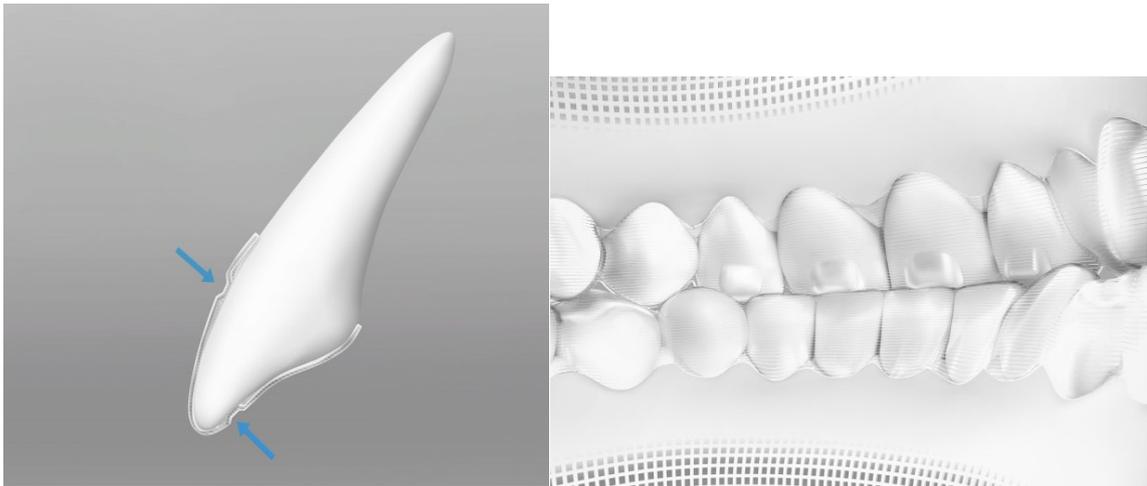


Figure 28 Points de pression (à gauche) et "bite ramp" (à droite) (89)

2.1.3 Les aligneurs de nos jours (85)

Comme mentionné plus haut, de nombreuses entreprises ont lancé leur propre gamme de gouttières. Une revue en 2017 recense 27 systèmes différents sur internet.

Une grande variété d'aligneurs existe, allant de systèmes permettant le traitement de malocclusions complexes jusqu'à des systèmes proposant des aligneurs et donc un traitement orthodontique à partir de simples photos et radiographies envoyées via internet à une entreprise sans passer par un orthodontiste.

Devant cette multitude de possibilité certains critères peuvent nous aider à choisir un système fiable :

- Type de matériau utilisé : celui-ci influence les propriétés biomécaniques de la gouttière ;

- Méthode de fabrication : les gouttières peuvent être fabriquées soit sous vide, soit sous pression. D'après Nahoum (93), la méthode de fabrication sous pression permet de générer des gouttières plus fines et plus résistantes ;
- Les limites de découpe : certaines gouttières suivent les collets des dents et d'autres ont une extension gingivale. Les extensions gingivales ont pour avantage une meilleure rétention des gouttières et inconvénients de pouvoir être blessantes ainsi qu'un moindre contrôle de l'hygiène.
- Les documents initiaux demandés : des empreintes numériques sont recommandées, des photos extra- et intra-buccales, une panoramique et une téléradiographie de profil. Plus les documents envoyés sont nombreux, plus le diagnostic est précis ;
- Taquets et auxiliaires : ils permettent une amélioration de la rétention des gouttières et une meilleure prédictibilité des mouvements dentaires ;
- Études réalisées sur le système : celles-ci sont très peu nombreuses avec des niveaux de preuve souvent insuffisants. Le système *Invisalign*® est celui qui a fait l'objet du plus grand nombre de publication.

Nous étudierons donc le traitement de la béance avec les aligneurs *Invisalign*® pour plusieurs raisons :

- Technique la plus ancienne, elle est la référence dans le traitement par aligneurs ;
- Un nombre important de patients traités par cette technique (plus de 750 000 patients depuis 2010, dont 140 000 cas de béances) (89) ;
- Dans la littérature, la plupart des études ont été menées sur des patients traités par des aligneurs *Invisalign*®.

2.2 Prescription et plans de traitement (88)

2.2.1 Clin-Check

Le *Clin-check* est la simulation de toutes les étapes du traitement sur le site *Invisalign*® (89).

Avant création du *Clin-check*, le praticien réalise un diagnostic global et envoie des photos extra-buccales, des photos intra-buccales, des empreintes numériques ou silicone double mélange, une panoramique dentaire et une téléradiographie de profil. L'envoi des documents s'accompagne du plan de traitement individualisé du patient communiqué au technicien via une prescription.

- Corriger la béance
 - Égression antérieure uniquement
 - Maxillaire
 - Mandibulaire
 - Égression antérieure et ingression postérieure
 - Maxillaire
 - Mandibulaire
 - Autre (par ex. simulation de chirurgie) spécifiez dans les Instructions Spéciales

Figure 29 Prescription de la correction de la béance antérieure (89)

Le logiciel génère alors une simulation des mouvements dentaires jusqu'à l'occlusion finale désirée. Celui-ci est ensuite vérifié par le praticien, il peut être modifié jusqu'à obtention d'un plan de traitement jugé satisfaisant.

Dix étapes sont préconisées dans la vérification du *Clin-check* :

- 1e Comparer l'occlusion initiale avec les photos intra-buccales afin de s'assurer que le set-up est correct ;
- 2e Vérifier les notes du technicien dans l'onglet commentaire à droite du *Clin-check*. Elles peuvent porter sur la qualité des empreintes envoyées, une demande de précision sur la prescription ou une information sur le placement des taquets et des *precision cut* ;
- 3e Vérifier le nombre d'étapes du traitement : celles qui sont actives (en bleu dans la frise), passives (en bleu clair) et les gouttières de sur-correction (gris foncé). Cela nous renseigne sur le temps de traitement. Leur nombre augmente selon la sévérité de la malocclusion ;



Figure 30 "Clin Check" avec à droite la fenêtre de commentaire du technicien (89)

4e Analyser l'animation du *Clin-check* en cliquant sur la touche *play* en bas à gauche. Cela nous permet de visualiser les mouvements dentaires de l'occlusion initiale jusqu'à l'occlusion finale. L'onglet organisation des étapes nous renseigne plus précisément sur les mouvements actifs pour chaque gouttière ;

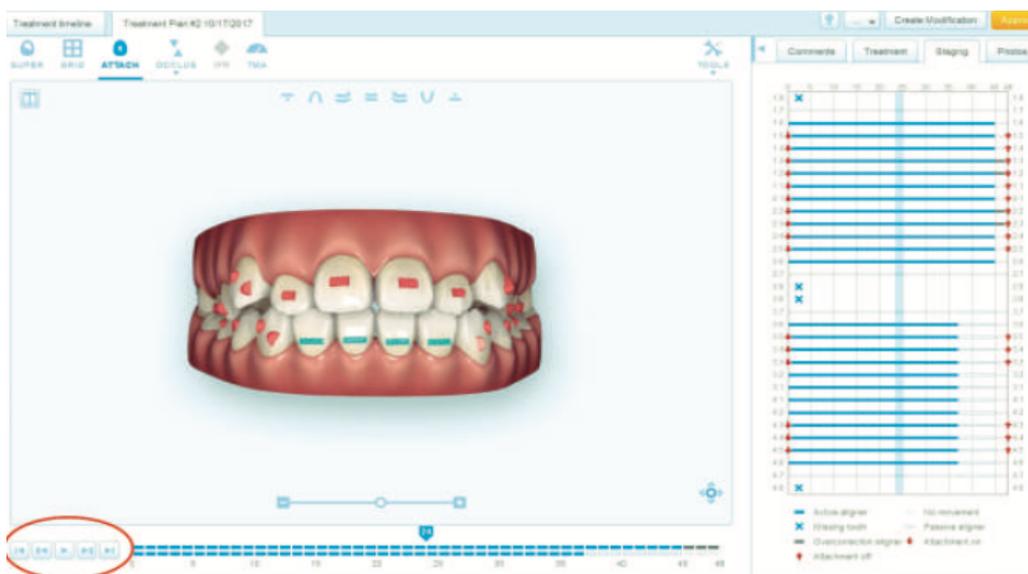


Figure 31 "Clin Check" avec la fenêtre "organisation des étapes" ouverte à droite (89)

- 5e Vérifier l'occlusion finale afin de s'assurer que celle-ci remplit les objectifs de traitement demandés par le praticien ;
- 6e Visualiser les superpositions des *set-up* de début et de fin de traitement ;



Figure 32 Superposition des "Clin Check" mandibulaires de début et de fin de traitement (89)

- 7e Évaluer la difficulté des mouvements prévus. Il existe trois niveaux de difficulté représentés par des pastilles de couleur sur le *Clin-check* : simple (aucune pastille), modéré (bleu) et difficile (noir). Ceci peut inciter le praticien soit à modifier le mouvement de la dent soit à adjoindre un système auxiliaire afin qu'il se réalise plus facilement ;

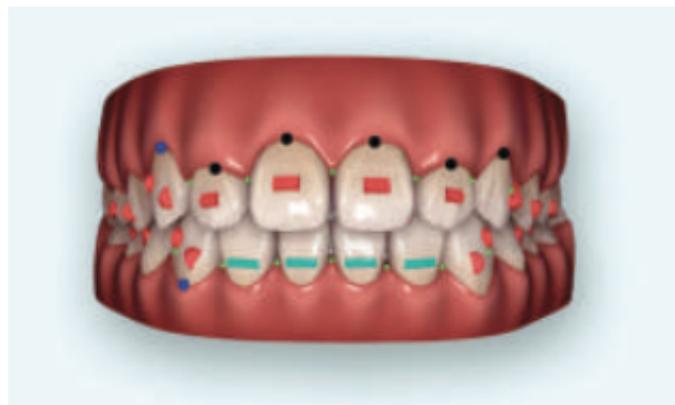


Figure 33 "Clin Check" avec les pastilles indiquant la difficulté des mouvements (89)

- 8e Vérifier le type et l'emplacement des taquets optimisés placés par le logiciel, de plus des taquets conventionnels peuvent être ajoutés afin d'augmenter la rétention des gouttières ou faciliter le mouvement d'une dent ;
- 9e Vérifier la planification de la réduction inter-proximale : quantité, localisation et l'étape à laquelle elle doit être effectuée. Le praticien a la possibilité de tout modifier selon les conditions cliniques ;
- 10e Vérifier s'il y a présence et contrôler l'emplacement des « *precision-cut* » ou « *button cut* » pour coller un bouton afin de placer les élastiques inter-arcades.

Toutes ces vérifications permettent au praticien d'évaluer la pertinence du *Clin-check* et de communiquer au technicien les modifications qu'il souhaite apporter avant de le valider et de commander les gouttières.

De plus, il constitue un outil de communication très intéressant entre le praticien et le patient.

2.2.2 Egression antérieure relative

L'égression relative des incisives maxillaires et/ou mandibulaire doit être envisagée avant de prescrire l'égression vraie car elle peut suffire dans certains cas (88). Il s'agit du redressement de l'axe des incisives lorsque celles-ci sont vestibulo-versées.

Aucun taquet n'est requis afin de réaliser ce mouvement et son amplitude par aligneur est de 1° maximum (89).

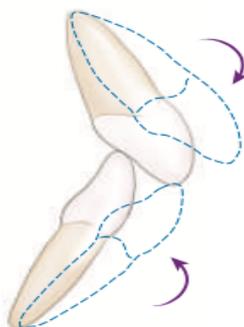


Figure 34 Illustration du mouvement d'égression antérieure relative (89)

Ce mouvement nécessite la présence d'espaces (diastèmes) ou bien implique d'en créer par réduction inter-proximal ou avulsion.

2.2.3 Egression antérieure vraie

La deuxième option thérapeutique est l'égression vraie des incisives maxillaires et/ou mandibulaires à l'aide des taquets optimisés placés sur les quatre incisives.

Ces taquets sont automatiquement placés par le logiciel *Invisalign*® dès qu'une égression antérieure de plus de 0,5mm est détectée. Ils sont issus de l'innovation G4 commencés en 2012 par le système *Invisalign*® (89).

L'amplitude d'égression par aligneur est de 0,25mm maximum (89).

Cette option thérapeutique est à corrélérer à la ligne du sourire afin de l'améliorer, ou de ne pas l'aggraver. Un sourire gingival peut contre-indiquer ce mouvement d'égression.

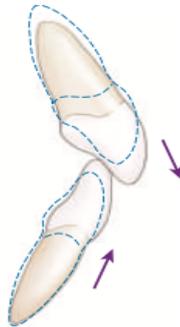


Figure 35 Illustration du mouvement d'égression antérieure vraie (89)

2.2.4 Egression antérieure et ingression postérieure

L'ingression des secteurs postérieurs est indiquée lorsque la béance est d'origine squelettique avec une égression compensatrice des secteurs postérieurs ou lorsque le patient présente une béance avec un sourire gingival (1)(88).

L'algorithme de l'ingression postérieure a débuté en 2011 (89). Il provoque une autorotation de la mandibule simulée par un saut d'articulé sur le *Clin-check*.

Les deux mouvements se font simultanément car ils fonctionnent en synergie.

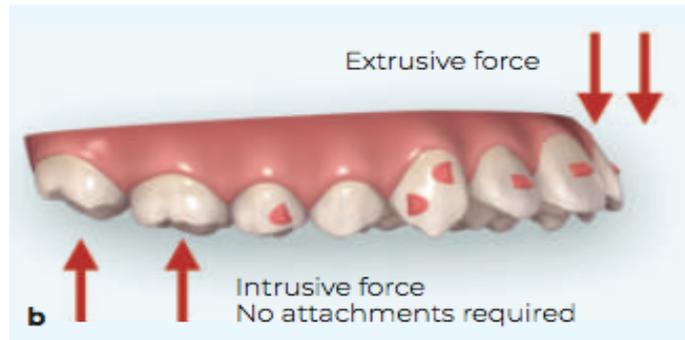


Figure 36 Illustration des forces égressives antérieures et intrusives postérieures (88)

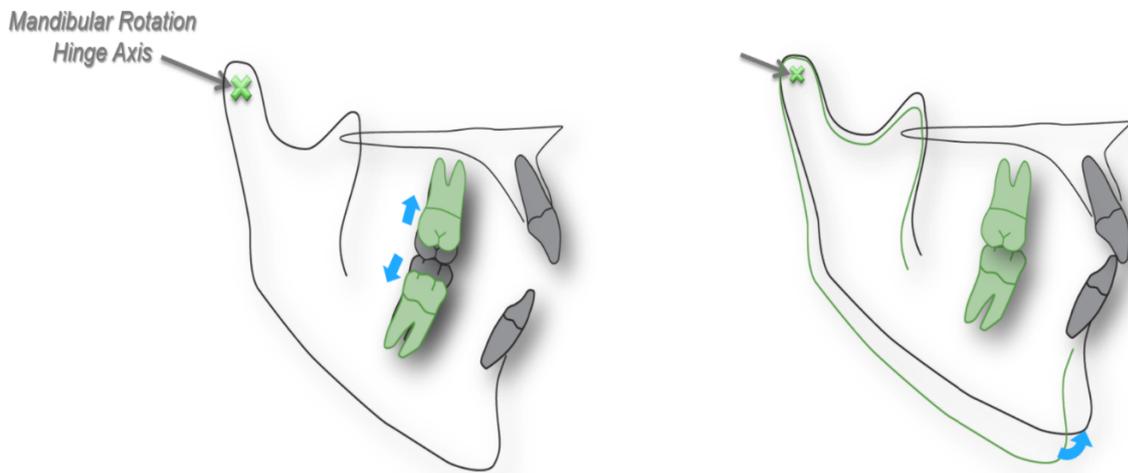


Figure 37 (à gauche) Ingression des molaires, (à droite) Mouvement d'auto-rotation de la mandibule autour de son axe de rotation (89)

Cependant, lorsque l'ingression des secteurs postérieurs est importante, une ingression séquentielle des dents peut être demandée afin d'augmenter la prédictibilité des mouvements.

La seconde molaire est ingressée, suivie de la première molaire puis de la seconde prémolaire. Aucun taquet n'est placé sur la dent en cours d'ingression, un taquet conventionnel sur la dent adjacente augmente la rétention de la gouttière (88).

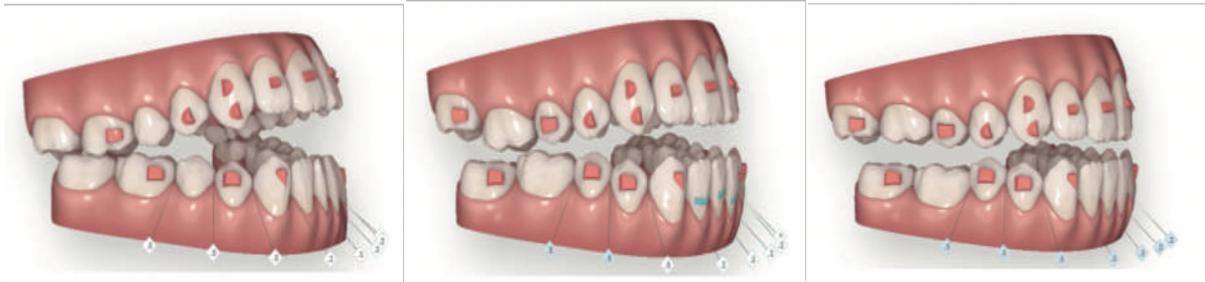


Figure 38 (à gauche) Ingression des secondes molaires, (au centre) Ingression des premières molaires, (à droite) Ingression postérieure terminée (89)

Au-delà de 1 mm d'ingression postérieure, il est recommandé d'adjoindre un ancrage squelettique afin d'aider le mouvement (88).



Figure 39 Vue occlusale d'une ingression des secteurs postérieurs maxillaires avec des mini-vis (deux vestibulaires et deux palatines) (82)

2.2.5 Traitement ortho-chirurgical (94)

Le traitement ortho-chirurgical avec des aligneurs suit les mêmes séquences de traitement qu'un traitement ortho-chirurgical avec un multi-attaches (66)(88):

- Nivellement des arcades et décompensation à l'aide d'aligneurs : expansion transversale, axes incisifs non verticaux car les chirurgies de béances ont tendance à les verticaliser ;

- Mise en place de mini-vis et remise de gouttières Essix maxillaire et mandibulaire ou collage de sectionnelles afin d'assurer la fixation maxillo-mandibulaire post-chirurgicale ;
- Chirurgie orthognathique (*cf 1.3.4 pour les techniques chirurgicales possibles*).
- Commande d'aligneurs additionnels 6 semaines après la chirurgie pour la phase de finition ;
- Contention.

Lors de la prescription, il faut préciser que la correction de la béance se fera par chirurgie. Les instructions spéciales sont essentielles afin de guider le technicien dans les mouvements dentaires de décompensation désirés.

6. Recouvrement

- Réaliser les autres objectifs et j'évaluerai le recouvrement
- Maintenir le recouvrement d'origine (RIP peut être nécessaire)
- Corriger la béance
 - Égression antérieure uniquement
 - Maxillaires
 - Mandibulaires
 - Égression antérieure et ingression postérieure
 - Maxillaires
 - Mandibulaires
 - Autre (par ex. simulation de chirurgie) - spécifiez dans les Instructions Spéciales
- Corriger la supraclusion
 - Ingression des dents antérieures uniquement
 - Maxillaires
 - Mandibulaires
 - Ingression des dents antérieures et égression des prémolaires
 - Maxillaires
 - Mandibulaires
 - Autre (par ex. simulation de chirurgie) - spécifiez dans les Instructions Spéciales

Figure 40 Exemple d'une prescription ortho-chirurgicale Invisalign pour la correction d'une béance (89)

Sur le *Clin-check*, la chirurgie est représentée par un saut d'articulé. Ce saut d'articulé peut être réalisé à 3 moments différents (89):

- Avec les moulages initiaux : définir si le patient peut avoir une « *chirurgie first* », c'est-à-dire une chirurgie sans phase de décompensation des maxillaires préalable ;
- Au cours du traitement ;
- À la fin de la préparation chirurgicale : apprécier la pertinence de la préparation chirurgicale.



Figure 41 (à gauche) "Clin-Check" initial (au centre) "Clin Check" en fin de préparation chirurgicale, (à droite) Saut d'articulé (89)

De plus, la superposition des modèles initiaux et finaux est dans le cas d'un traitement ortho-chirurgical très intéressante. La visualisation des mouvements dentaires est plus aisée.

En résumé, la difficulté du traitement de la bécance avec *Invisalign*® ou toute autre technique est de bien évaluer la complexité du cas en corrélation avec les limites de ce système.

Niveau de difficulté	Chirurgie	Ingression postérieure	Égression antérieure
1 - Simple	Non	Non	<2,5 mm
2 - Intermédiaire	Non	<1 mm	<2,5 mm
3 - Complexe	Oui	>1 mm	>2,5 mm

Tableau 2 Niveaux de difficulté selon l'amplitude des mouvements requis et les prescriptions recommandées (89)

TOOTH MOVEMENT	PREDICTABILITY WITH ALIGNERS ALONE		
	Predictable	Moderate	Difficult
Crowding or spacing per arch	Up to 6mm	6-8mm	>8mm
Midline discrepancy	Up to 2mm	2-3mm	>3mm
Central incisor rotation	Up to 40°	40-50°	>50°
Lateral incisor rotation	Up to 30°	30-40°	>40°
Canine and premolar rotation	Up to 45°	45-55°	>55°
Molar rotation	Up to 20°	20-30°	>30°
Anterior extrusion per arch	Up to 2.5mm	2.5-3mm	>3mm
Anterior intrusion per arch	Up to 0.5mm	0.5-1mm	>1mm
Posterior intrusion per arch	Up to 0.5mm	0.5-1mm	>1mm
Posterior extrusion per arch	0mm	0.5mm	>0.5mm
Expansion per quadrant	Up to 2mm	2-3mm	>3mm
Anteroposterior correction	Up to 2mm	2-4mm	>4mm
Incisor lingual root torque	0-10°	10-15°	>15°
Posterior tooth lingual root torque	0-5°	5-10°	>10°
Posterior tooth distal movement (maxilla)	0-2mm	2-4mm	>4mm
Posterior tooth mesial movement	0-1mm	1-2mm	>2mm

Figure 42 Résumé des limites de l'ensemble des mouvements dento-alvéolaires effectués à l'aide d'aligneurs (85)

2.3 Revue de la littérature

2.3.1 Efficacité et prévisibilité des mouvements dentaires

L'efficacité des mouvements réalisés par des aligneurs a été étudiée par six revues systématiques différentes (95)(96)(97)(98)(99)(100) et deux méta-analyses (96)(100) entre 2005 et 2019.

Lagravère *et al.* (95) n'ont inclus que deux articles de faible niveau de preuve, aucune conclusion ou recommandation n'ont pu être tirées de cette revue systématique. De plus, elle a été faite en 2005, et est donc obsolète devant les innovations réalisées entre 2005 et aujourd'hui.

Nous ne traiterons ainsi que les revues systématiques et les méta-analyses datées entre 2015 et 2019.

2.3.1.1 *Caractéristiques des revues systématiques*

Toutes les revues systématiques incluent des études randomisées ou non randomisées, prospectives et rétrospectives et excluent les séries de cas, les cas cliniques, les avis d'experts et les études sur des animaux ou in vitro (96)(97)(98)(99)(100).

Deux revues (96)(100) ont pour critères d'inclusion des études comparant le traitement par aligneurs avec le traitement multi-attaches de référence.

Deux revues (97)(98) n'incluent que des études sur les traitements avec le système *Invisalign*.

Une seule revue (97) exclut les études datant de plus de 10 ans. Les autres s'appuient donc sur des études faites sur des aligneurs de première ou deuxième génération. Notamment, Rossini *et al.* (99) et Zheng *et al.* (96) qui n'ont inclus que des études datées entre 2002 et 2014.

L'âge des patients est un critère d'inclusion dans trois revues systématiques : patients de plus de 15 ans (96)(99) ou de plus de 16 ans (97), afin que les traitements soient réalisés en denture permanente.

2.3.1.2 *Résultats de chaque revue systématique et leur analyse*

Le temps de traitement moyen :

Quatre revues systématiques analysent le temps de traitement moyen avec les aligneurs. Zheng *et al.* (96) note un temps de traitement significativement plus long avec le multi-attaches comparé aux aligneurs.

Papadimitriou *et al.* (98) fait le même constat, mais précise que cela concerne des traitements de cas simples.

Galan-Lopez *et al.* (97) a inclus cinq études avec des résultats différents. Les traitements des cas simples à modérés sans extraction sont significativement plus rapides avec des aligneurs, tandis que les traitements avec extractions sont plus rapides avec du multi-attaches.

Enfin Papageorgiou *et al.* (100) ont inclus sept études. Deux études (94)(101) relèvent un temps de traitement significativement inférieur avec les aligneurs, deux études (102)(103) un temps de traitement significativement plus long et trois (87)(104)(105) ne relèvent aucune différence significative entre les temps de traitement avec multi-attaches et ceux avec aligneurs.

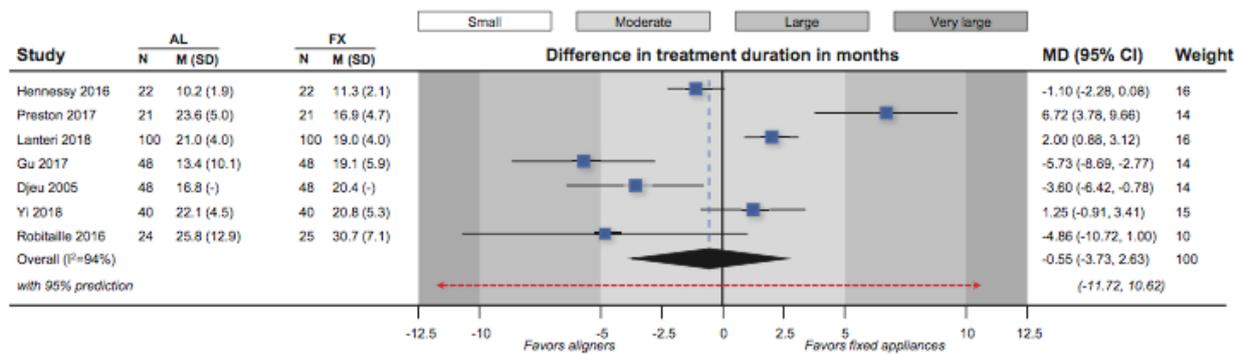


Figure 43 Diagramme comparant les résultats sur le temps de traitement entre aligneurs et multi-attaches des sept études incluses dans la revue systématique de Papageorgiou *et al.* (100)

En conclusion, les traitements de cas simples sans avulsion sont plus rapides à l'aide d'aligneurs.

Mais, Il faudrait inclure davantage de données comme le type de malocclusion traitée, ainsi que l'âge et le sexe des patients, car le type de force seul ne peut expliquer les différences de temps de traitement.

La précision et l'efficacité des mouvements dentaires :

Les méthodes d'évaluation sont :

- La grille d'évaluation établie par l'*American board of Orthodontics*, permettant de donner une note sur la qualité du résultat final (OGS score) (96)(99)(100) ;
- La grille d'évaluation *Peer assessment rating* permettant également de donner une note sur la qualité de l'occlusion finale ;
- Les superpositions de modèles numériques de début et de fin de traitement avec les *Clin-Check* (99)(97) ;
- Comparaison des modèles de début et de fin de traitement (96) ;

- Comparaison des téléradiographies de profil de début et de fin de traitement (97)(98).

Ainsi, elles diffèrent beaucoup selon les études, et peuvent être qualitatives ou bien quantitatives.

Dans la revue systématique de Rossini *et al.* (99), le mouvement d'égression est le plus dur à contrôler (30% de précision), suivi par celui de rotation.

Zheng *et al.* (96) ne s'appuie que sur une étude prospective réalisée en 2005. Celle-ci compare l'efficacité des traitements entre aligneurs et multi-attaches grâce à l'OGS-score. Elle met en évidence une qualité supérieure des traitements par multi-attaches. Mais, ces résultats sont à considérer avec précaution car ils ont été réalisés sur des aligneurs de première génération.

Papadimitriou *et al.* (98) notent que les mouvements de tip et de dérotation (sauf sur les dents mono- ou bi-cuspidées) sont prédictibles. Tandis que des résultats limités sont notés dans les mouvements d'expansion des arcades, de torque, de fermeture des espaces d'extraction, dans la correction d'un décalage antéro-postérieur ou vertical important et dans l'établissement de contacts occlusaux corrects.

Papageorgiou *et al.* (100) conclut que la qualité des traitements orthodontiques par aligneurs semble inférieure à celle des traitements multi-attaches.

Il n'existe aucune différence significative pour l'alignement des crêtes marginales et les contacts interproximaux. Mais l'alignement, l'inclinaison bucco-linguale des dents, les contacts occlusaux, les relations occlusales, le surplomb et le torque sont significativement supérieurs dans les traitements multi-attaches.

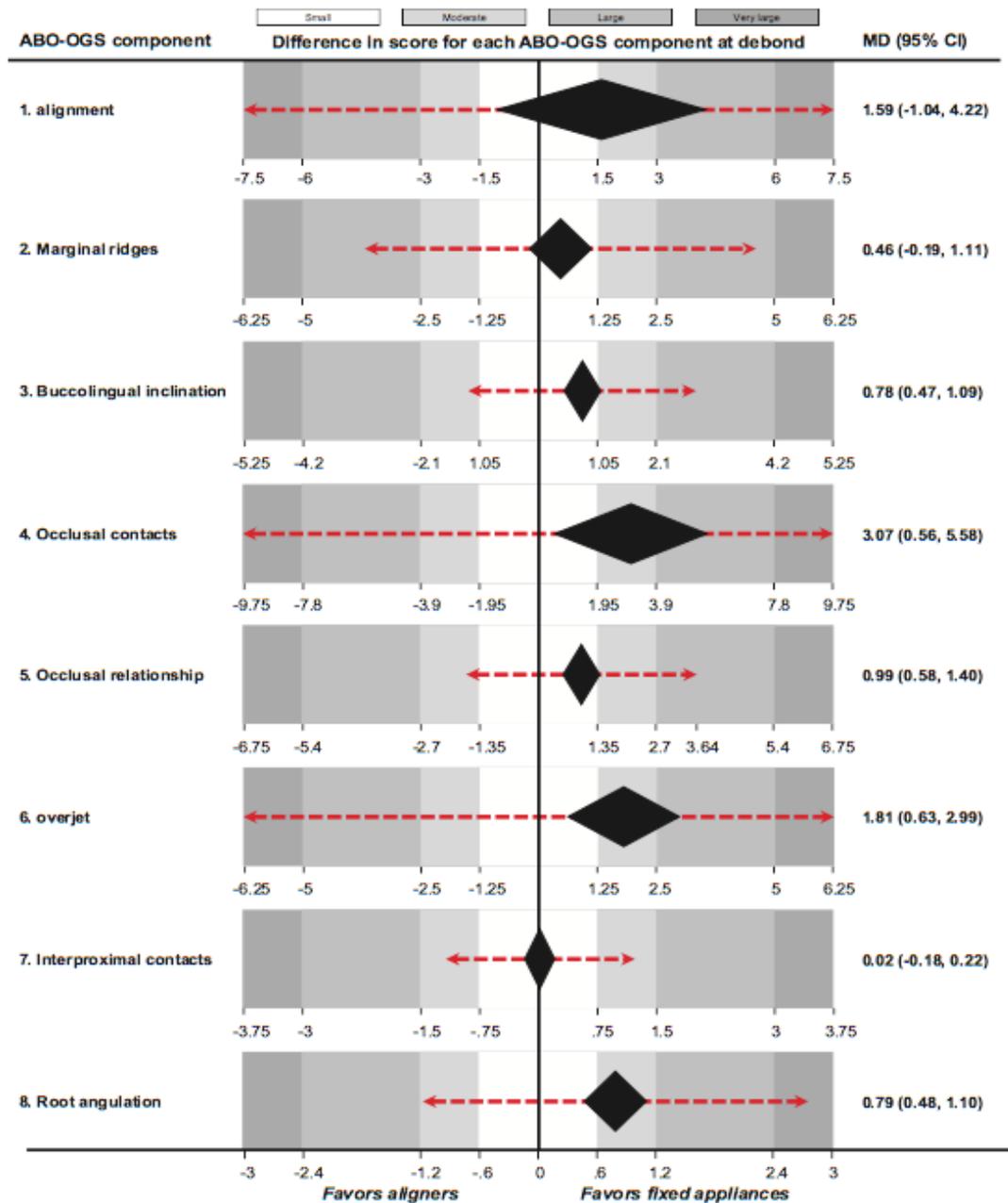


Figure 44 Diagramme comparant les OGS-scores entre les traitements par aligneurs et multi-attaches (100)

D'après Galan-Lopez et al. (97) le contrôle des points d'occlusion, des inclinaisons bucco-linguales et du torque est inférieur avec *Invisalign*.

Le contrôle des mouvements dans le sens vertical est également difficile. En effet, le mouvement d'égression antérieure est considéré comme peu prédictible et la fermeture

des béances antérieures est principalement réalisée grâce à l'égression des incisives mandibulaires sans modification de l'inclinaison du plan mandibulaire.

Limites :

Les revues systématiques font consensus sur les limites d'interprétation de leurs résultats :

- Faible nombre d'études incluses (95)(96)(100) (107)(108)(109) ;
- Diversité des méthodologies ;
- Faible niveau de preuve de la plupart des études incluses ;
- Manque d'études récentes.

Conclusion :

En conclusion, les cinq revues systématiques concluent sur l'infériorité des traitements par aligneurs comparé à ceux par multi-attaches dans :

- L'établissement de contacts occlusaux corrects ;
- Le contrôle du torque ;
- Le contrôle des inclinaisons bucco-linguales.

En revanche, elles ne font pas consensus sur le contrôle du sens vertical.

Nous allons maintenant nous concentrer sur les articles qui s'intéressent au traitement de la béance avec des aligneurs.

2.3.2 Contrôle des mouvements de fermeture d'une béance antérieure

Huit articles traitant de la fermeture des béances à l'aide d'aligneurs ont été sélectionnés.

2.3.2.1 Caractéristiques des articles

Etude	Année de publication	Type d'article	Patients (M/F), âge	Intervention	Méthode d'évaluation
Boyd et al. (106)	2001	Avis d'expert			
Hyun Park et al. (107)	2009	Série de cas	3 cas cliniques	-Aligneurs customisés à 1 mm de distance des dents à égresser ; - Boutons collés au collet des dents à égresser ; -Elastiques inter- ou intra-maxillaires	Photographies intrabuccales avant/après traitements
Schupp et al. (108)	2010	Série de cas	2 cas cliniques (2F, 15 et 31 ans)	-Myothérapie ; -Aligneurs <i>Invisalign</i> ® de 2 ^e génération ; -Taquets conventionnels rectangulaires sur les incisives	-Photographies avant/après ; -Superposition des Clin-check de début et fin de traitement
Guarneri et al. (109)	2013	Cas clinique	1 cas (F, 35 ans)	-Myothérapie ; -Aligneurs <i>Invisalign</i> ® de 2 ^e génération ; -Taquets conventionnels	-Photographies avant/après ; - Téléradiographies de début/fin de traitement

				ellipsoïdes sur les incisives maxillaires et mandibulaires, RIP	
Kau et al. (110)	2017	Etude rétrospective non randomisée	100 patients : -23 béances antérieures ; -77 non béances antérieures	-Aligneurs <i>Invisalign</i> ® 3 ^e génération ; -Traitement fait entre 2014 et 2017	Grilles d'évaluations : -Peer assessment rating ; -ICON
Khosravi et al. (111)	2017	Etude rétrospective non randomisée	120 patients : -68 recouvrements normaux ; -40 supraclusions ; -12 béances antérieures	-3 praticiens ; -Aligneurs <i>Invisalign</i> ® ; -Taquets d'égression antérieurs G4 ; -Taquets postérieurs ou surépaisseur de couche des gouttières	Téléradiographies de début et de fin de traitement
Moshiri et al. (112)	2017	Etude rétrospective non randomisée	30 patients (22F, 8M) 28 ans et 10 mois d'âge moyen	-Aligneurs <i>Invisalign</i> ® de 3 ^e génération -Traitements effectués entre 2011 et 2015	Téléradiographies de début et de fin de traitement
Garnett et al. (113)	2019	Etude rétrospective non randomisée	53 patients : -36 P traités en multi-attaches ; -17 P traités par aligneurs	1 praticien Multi-attaches : -Myothérapie ; -Mécaniques d'ingrèssion postérieure	Téléradiographies de début et de fin de traitement

				(mini-vis, arc transpalatin, plaques de surélévation, avulsions) ; -Traitement effectué entre 2008 et 2014 Aligneurs <i>Invisalign</i> ® de 3 ^e génération : -Myothérapie ; -Egression antérieure (G4) et ingression postérieure ; -Traitements effectués entre 2011 et 2014	
--	--	--	--	---	--

Tableau 3 Résumé des huit articles inclus sur le traitement des béances antérieures à l'aide d'aligneurs : nom, année de publication, type d'article, patients inclus, intervention et moyen d'évaluation

Ainsi, en observant le tableau ci-dessus, nous pouvons constater la diversité des méthodologies et des niveaux de preuve des études. Ceux-ci sont à prendre en compte dans l'interprétation des résultats.

Boyd *et al.* (106) est un article publié en 2001, lorsque les aligneurs étaient encore peu utilisés et peu étudiés. En effet, la première revue systématique sur l'efficacité des mouvements à l'aide d'aligneurs a été faite en 2005 (95).

Ensuite, trois articles publiés entre 2009 et 2013 sont des cas cliniques. Ceux-ci ont un niveau de preuve limité.

Hyun Park *et al.* (107) est le seul article dont le traitement n'est pas réalisé par des aligneurs *Invisalign*®.

Les deux autres articles (108)(109) utilisent des aligneurs de seconde génération avec des taquets conventionnels dans leurs cas cliniques. Or, le mouvement le moins prédictif dans les traitements à l'aide de ces aligneurs était l'égression antérieure (99).

Les quatre études rétrospectives (110)(111)(112)(113) menées entre 2017 et 2019 portent sur des aligneurs de troisième génération. Elles ont pour critère d'inclusion en commun les dates de début des traitements, toutes à partir ou au-delà de 2011.

Or l'algorithme d'ingression postérieure a commencé en 2011 et les taquets optimisés d'égression innovation G4 en 2012 (89).

Les méthodes d'évaluation diffèrent également beaucoup.

Boyd *et al.* (106) ne font aucune mention de leurs méthodes d'évaluation.

Un article (107) commente les photos intra-buccales avant et après traitement sans critère d'évaluation fiable.

Schupp *et al.* (108) utilisent la superposition des *Clin-checks* de début et de fin de traitement afin de visualiser les mouvements réalisés. Or, il existe une différence significative entre les mouvements dentaires réels et le *Clin-check* pour toutes les dents exceptées les incisives latérales (114).

Kau *et al.* (111) utilisent les grilles d'évaluation *Peer assessment rating* et *ICON*. Elles permettent de donner une note de 0 à 4 à partir de photographies intrabuccales ou d'un examen clinique.

<u>Open bite</u>						
0: No open bite						
1: ≤ 1mm						
2: 1.1-2.0mm						
3: 2.1-4.0mm						
4: > 4.0mm						
Incisor open bite	Edge to edge	≤ 1.0mm	1.1-2.0mm	2.1-4.0mm	> 4.0mm	
Incisor overbite	< 1/3 lower incisor coverage	1/3 - 2/3 coverage	2/3 to fully covered	Fully covered		

Figure 45 (à gauche) grille d'évaluation *Peer assessment rating*, (à droite) grille d'évaluation *ICON* (110)

Quatre études (109)(111)(112)(113) comparent les téléradiographies de profil à l'aide de la céphalométrie afin de visualiser les mouvements dento-alvéolaires et squelettiques dans le sens vertical.

Enfin, Garnett *et al.* (113) est la seule étude avec un groupe contrôle.

2.3.2.2 Résultats

Boyd *et al.* (106) émettent l'hypothèse que la béance antérieure est l'une des malocclusions les plus simples à traiter avec des aligneurs à partir d'observations cliniques et de superpositions de téléradiographie.

La béance antérieure se ferme malgré l'absence de taquets antérieurs d'égression par un mouvement d'ingression postérieure et d'auto-rotation de la mandibule grâce à la couche de plastique de 0,76 mm interposées entre les molaires (0,030 inch par aligneur). Cette hypothèse s'est appuyée sur les effets dento-alvéolaires réalisés par les plaques de surélévation postérieures. Cependant, les plaques de surélévation sont utilisées chez des patients en croissance, et ont une épaisseur de 5 à 10mm (37).

Hyun Park *et al.* (107) décrivent une technique d'égression sélective d'une ou plusieurs dents afin de régler un problème d'infraclusion ou de béance inférieure à 2-3 mm.

Un set-up est fait à partir des empreintes du patient de manière à ce que la gouttière soit à 1 mm du bord incisal de la dent à égresser.

Un bouton est collé en vestibulaire de la ou les dents à égresser et des élastiques intra- ou inter-arcade exercent la force d'égression.

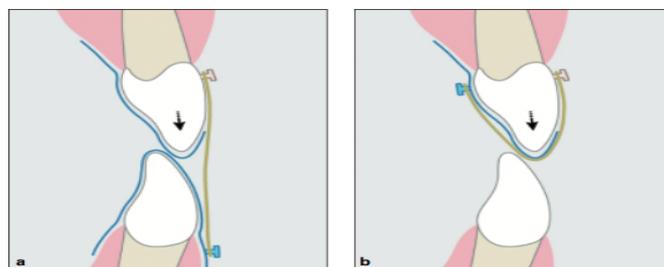


Figure 46 (a) Illustration de l'égression antérieure à l'aide d'élastiques inter-arcades, (b) Illustration de l'égression antérieure à l'aide d'élastiques intra-arcades (107)

La béance antérieure est corrigée par égression des dents prises en charge par les élastiques. Mais le succès thérapeutique de cette technique n'est jugé qu'à partir de photos intra-buccales.

Schupp *et al.* (108) publient deux succès thérapeutiques.

Le premier cas clinique montre, après 20 mois de traitement, une fermeture de béance antérieure par égression relative des incisives maxillaires et mandibulaires. Le recouvrement est stable à un an de contention.

Le second cas clinique montre, après 17 mois de traitement, une fermeture de béance antérieure par mouvement combiné d'égression des incisives maxillaires de 2,5 mm et des incisives mandibulaires de 2mm, et d'ingression des molaires de 1 mm. Les résultats sont stables 14 mois après la fin du traitement.

Mais, comme mentionné dans la partie précédente, les mouvements dentaires sont évalués à partir des superpositions des *Clin-Check* de début et de fin de traitement. Or ceux-ci diffèrent significativement des mouvements réellement effectués (114). De plus, nous pouvons nous demander si les repères fixes utilisés pour les superpositions sont fiables.

Guarneri *et al.* (109) publient également un succès thérapeutique au travers d'un cas clinique.

La béance antérieure de 4 mm est fermée, après 18 mois de traitement, par égression relative des incisives maxillaires et mandibulaires. Le plan mandibulaire n'est pas modifié et aucune différence squelettique, hormis une diminution de l'angle ANB, n'est notée.

Kau *et al.* (110) comparent les succès thérapeutiques d'un groupe de 23 patients avec béance antérieure et un groupe de 77 patients sans béance antérieure. Ceux-ci présentaient une classe I ou II dentaire sans problème squelettique associé.

Les patients avec une béance antérieure ont une amélioration de 73,4 % de leur malocclusion, les patients sans béance ont une amélioration de 76,7 %.

Ainsi, il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes. La béance antérieure n'est pas une malocclusion plus difficile à traiter qu'une autre, contrairement à ce que certains articles ont pu dire (92).

Khosravi *et al.* (111) est une étude rétrospective qui étudie les effets des traitements par aligneurs sur le recouvrement. Dans le groupe des patients avec une béance antérieure, le recouvrement augmente en moyenne de 1,5 mm. Ce recouvrement augmente principalement par égression des incisives maxillaires (0,9 mm) et des incisives mandibulaires (0,8 mm). Il n'y a pas de modification de la dimension verticale postérieure.

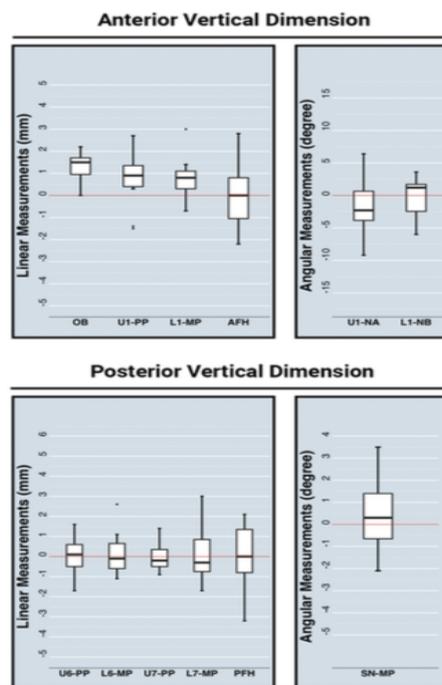


Figure 47 Diagramme de l'amplitude des mouvements verticaux antérieurs (en haut) et postérieurs (en bas) effectués par les aligneurs dans le groupe de patients avec béance antérieure (111)

L'étude conclut que les aligneurs *Invisalign*® sont un bon moyen thérapeutique pour corriger les béances antérieures légères à modérées.

Les trois patients avec une béance sévère au début du traitement (> 2mm) n'obtiennent pas un recouvrement positif à la fin du traitement. Ainsi, quatre patients, soit 33% de l'effectif, finissent avec un recouvrement inférieur à zéro.

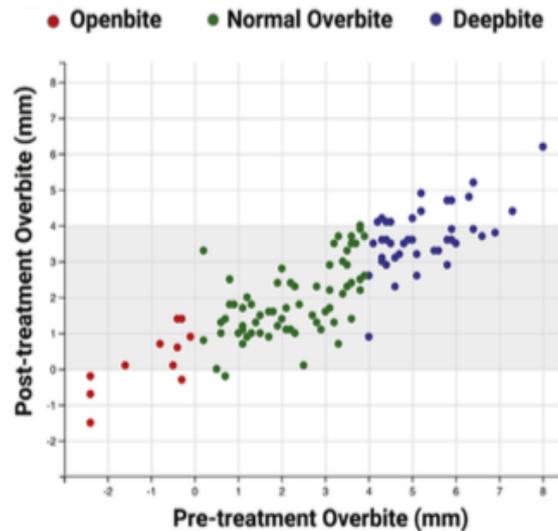


Figure 48 Diagramme illustrant les recouvrements des patients inclus (en mm) avant et après traitement (111)

Mais les résultats sont à interpréter avec prudence car l'effectif du groupe de patients avec béance antérieure est limité.

Moshiri *et al.* (112) est également une étude rétrospective dont l'objectif est d'apprécier les effets verticaux du traitement d'une béance antérieure avec des aligneurs *Invisalign*® sans avulsion.

Contrairement à l'étude précédente, cette étude constate une différence significative de la dimension verticale postérieure avec :

- Une ingression de la molaire maxillaire d'en moyenne 0,4 mm ;
- Une ingression de la molaire mandibulaire d'en moyenne 0,6 mm ;
- Une diminution de la hauteur faciale inférieure de 1,5 mm en moyenne ;
- Une autorotation de la mandibule avec une fermeture significative de l'angle SN/MP ;
- Une égression des incisives mandibulaires de 0,8 mm ;
- Une augmentation du recouvrement d'en moyenne 3,4 mm.

La durée moyenne des traitements est de 24 mois.

Donc, cette étude confirme l'hypothèse de l'ingression molaire par interposition d'une couche de surépaisseur de 0,76 mm d'aligneur entre les secteurs postérieurs.

Enfin Garnett *et al.* (113) ont mené une étude rétrospective afin de comparer les traitements par multi-attaches et par aligneurs dans le contrôle de la dimension verticale chez des patients hyperdivergents ($FMA > 38^\circ$) avec une béance antérieure.

À T1 (début de traitement), les deux groupes étaient comparables. La seule variable qui diffère significativement est le sexe des patients.

Variables	Fixed Appliance Group (n = 17)		Clear Aligner Group (n = 36)		P*
	n	%	n	%	
Sex (female)	8	47	27	75	.05
Preorthodontic treatment history	4	24	7	20	NS
Myofunctional therapy	2	11.8	7	19.4	NS
Extraction	7	41	0	0	<.0001
TAD	4	24	NA	NA	NA

Figure 49 Caractéristiques et comparaison des patients inclus dans les deux groupes (aligneurs et multi-attaches) (113)

La sévérité des béances est similaire dans les deux groupes, avec une petite supériorité du groupe traité par aligneurs.

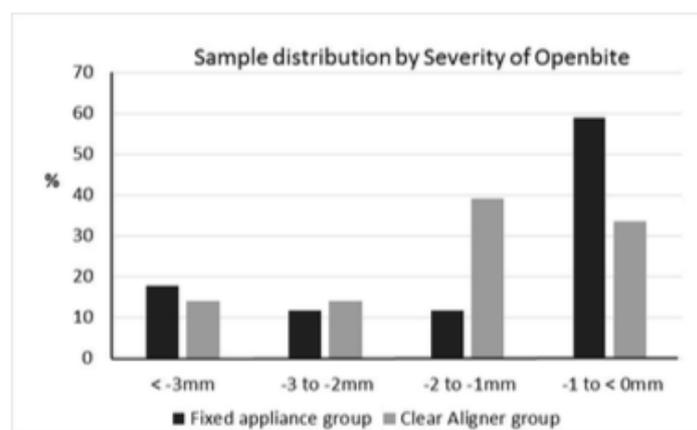


Figure 50 Diagramme comparant la sévérité des béances antérieures entre les deux groupes (aligneurs et multi-attaches) (113)

Concernant les changements au cours du traitement (T1-T2), le recouvrement augmente légèrement plus dans le groupe traité par aligneurs (2-3 mm) comparé à celui traité par multi-attaches (1,6 mm). Mais, cette différence n'est pas significative.

Une augmentation légèrement supérieure du plan mandibulaire est constatée dans le groupe traité par aligneurs, mais sans différence significative également.

La seule différence significative entre les deux groupes est l'égression de l'incisive mandibulaire, qui est supérieure dans le groupe traité par aligneurs (0,8 mm en moyenne), comparée à celui traité par multi-attaches (0,1 mm en moyenne).

L'égression relative par redressement des axes incisifs est statistiquement similaire dans les deux groupes : 5° pour les incisives supérieures et inférieures.

Ainsi cette étude conclut que les aligneurs sont aussi performants que le multi-attaches pour traiter une béance antérieure.

Celle-ci se ferme principalement par :

- Une palato-version des incisives maxillaires et mandibulaires ;
- Un contrôle de la dimension verticale ;
- Un contrôle de l'égression molaire au cours du traitement.

2.3.2.3 Conclusion

- Les aligneurs sont un bon moyen thérapeutique pour le traitement d'une béance antérieure légère à modérée ;
- Les aligneurs *Invisalign*® sont aussi performants que le multi-attaches pour traiter une béance antérieure ;
- La surépaisseur de 0,76 mm de gouttière entre les secteurs postérieurs permet de contrôler l'égression des molaires maxillaires et mandibulaires grâce aux forces masticatoires ;
- La béance antérieure se ferme principalement par mouvement de palato-version et égression des incisives maxillaires et mandibulaires, sans changement de la dimension verticale postérieure.

Mais ces résultats sont à prendre en considération avec beaucoup de prudence car ils s'appuient sur des articles dont le niveau de preuve est variable (avis d'expert, série de cas, cas cliniques et études rétrospectives), des méthodologies différentes et un nombre d'inclusion de patients souvent faible.

2.4 Stabilité

Une étude prospective contrôlée menée en 2007 (115) a comparé la stabilité des traitements par aligneurs et par multi-attaches sur 3 ans. La méthode d'évaluation est l'OGS score établi par l'*American board of Orthodontics*.

22 patients ont été inclus dans l'étude : 11 patients traités par aligneurs et 11 patients traités par multi-attaches. La contention était similaire dans les deux groupes afin de ne pas constituer un biais.

La récurrence dans le groupe traité par aligneurs est significativement supérieure à celle du groupe traité par multi-attaches. Une revue systématique (96) émet l'hypothèse que cette différence est due à la fréquence de changement des gouttières (toutes les deux semaines). Les rendez-vous dans le groupe traité par multi-attaches étaient toutes les quatre à six semaines. Or, les processus de régénération et de résorption osseuse ont besoin de 7 à 14 jours pour se mettre en place.

Ainsi, la plus grande récurrence dans le groupe traité par aligneurs serait imputable à la fréquence trop rapide de changement des aligneurs.

Mais, cette hypothèse n'a été confirmée par aucune autre étude par la suite.

De plus, aucune étude traitant de la fermeture des béances avec des aligneurs n'a étudié la stabilité de ces traitements.

Or, les traitements des béances antérieures sont très sujets à la récurrence (79). Il serait donc intéressant de mener une étude dans ce sens-là.

3 Protocole de recherche

3.1 Introduction et justification de l'étude

Comme il a été développé dans les différentes parties, le traitement d'une béance antérieure non chirurgicale s'effectue de trois manières :

- Egression antérieure relative avec palato-version des incisives supérieures et inférieures ;
- Egression antérieure vraie ;
- Ingression postérieure.

L'égression antérieure vraie présente plusieurs limites comparées à l'ingression postérieure (1) :

- Sourire gingivale ;
- Affaiblissement du parodonte, particulièrement lors de l'égression des incisives mandibulaires ;
- Récidive de ce mouvement.

Mais le mouvement d'ingression postérieure est l'un des plus difficile à obtenir, très peu de moyens thérapeutiques le permettent :

- Forces extra-orales à appuis occipital en denture mixte ou au cours d'un traitement orthodontique (36) ;
- Les plaques de surélévation molaires magnétisées ou non d'une épaisseur de 5 à 10 mm en denture mixte (37) ;
- Mini-vis ou mini-plaques d'ancrage au cours d'un traitement orthodontique (49).

Seuls les ancrages squelettiques permettent une ingression vraie. Les autres moyens thérapeutiques sont des moyens de contrôle de l'égression physiologique des molaires chez des patients en croissance.

Maintenant, lorsque l'on analyse les études qui ont été menées sur la fermeture de béance antérieure à l'aide d'aligneurs, on constate des résultats différents et des hypothèses non vérifiées et pourtant affirmées comme vraies :

- Contrôle, voire ingression, des molaires par simple interposition d'une couche d'aligneurs de 0,76 mm entre les secteurs postérieurs (106) ;
- Une étude rétrospective conclut à un réel effet des aligneurs sur le sens vertical squelettique (112) ;
- Deux autres études concluent que la béance se ferme par palato-version et égression vraie des incisives maxillaires et surtout mandibulaires (111)(113) ;
- Seule une étude (111) émet des réserves et préconise le traitement de béances légères à modérées (inférieures à 2 mm).

Donc, l'intérêt de ce travail de recherche est multiple :

- Evaluer la pertinence de l'utilisation des aligneurs dans le traitement des béances antérieures ;
- Analyser les effets dento-alvéolaires et squelettiques des aligneurs sur le sens vertical postérieur ;
- Comprendre les mouvements dento-alvéolaires qui ont permis de fermer la béance et leur limite ;
- Détacher des avantages et des inconvénients de cette thérapeutique afin de mieux guider les praticiens.

3.2 Matériel et méthode

3.2.1 Type d'étude

Il s'agit d'une étude rétrospective multicentrique.

Les patients sont issus de cinq cabinets libéraux différents et traités par le système *Invisalign*®.

Cette étude a été soumise au comité de protection des personnes de Nantes (GNEDS) en novembre 2019, et est toujours en attente de la réponse.

3.2.2 Population étudiée

Effectif de la population :

30 sujets minimum sont à inclure afin que notre étude ait un niveau de preuve suffisant. Nous nous sommes appuyés sur le nombre de patient inclus dans les autres études portant sur l'efficacité des mouvements dentaires avec le système *Invisalign*® afin de choisir cet effectif.

Critères d'inclusion :

- Patients adultes (> 20 ans) ;
- Diagnostique : béance antérieure (recouvrement < 0 mm) et typologie normo- ou hyper-divergent (FMA > 23°)
- Traitement par des aligneurs *Invisalign*® terminé ;
- Documents céphalométriques de début (T0) et de fin de traitement (T1) présents et exploitables.

Critères d'exclusion :

- Patients porteurs de grands syndromes malformatifs crânio-faciaux ;
- Utilisation de systèmes auxiliaires conjointement aux aligneurs (ancrage squelettique, sectionnelles)
- Traitements avec avulsion, hors avulsion de dents de sagesse ;
- Traitements ortho-chirurgicaux.

Méthode de recrutement des patients :

Tout d'abord les praticiens ont été recrutés grâce :

- Aux contacts du Dr Nivet au sein des spécialistes *Invisalign*® ;

- Aux contacts de la représentante commerciale *Align* de Loire Atlantique (Céline Richard).

Un mail a été envoyé à chacun de ces praticiens afin de les informer des modalités de l'étude et leur demander leur accord pour y participer.

Ensuite, les patients ont été recrutés dans chacun des cabinets par moi-même, afin d'éviter un biais de sélection.

Tous les patients en cours de traitement ou archivés sur le compte *Invisalign*® du praticien ont été passés en revue afin de pouvoir sélectionner tous les cas répondant positivement aux critères d'inclusion.

L'inclusion des patients s'effectue de manière anonyme grâce à un code patient.

Une lettre ou mail d'information est envoyé de façon à recevoir la non-opposition du patient.

3.2.3 Méthode d'évaluation

Les mouvements squelettiques et dento-alvéolaires sont évalués sur des téléradiographies de profil de début (T0) et de fin (T1) de traitement à l'aide de l'analyse céphalométrique.

Ces analyses sont effectuées par le logiciel *Orthalis*®.

Description des points de référence céphalométrique :

<i>Points céphalométriques</i>	<i>Abréviation</i>	<i>Description</i>
<i>Nasion</i>	N	Point le plus haut et le plus antérieur de la jonction des os propres du nez avec le frontal
<i>Sella</i>	S	Point au milieu de la selle turcique
<i>Porion</i>	Po	Point le plus supérieur du méat acoustique externe
<i>Sous orbitaire</i>	Or	Point le plus inférieur et antérieur de l'orbite
<i>Epine nasale antérieure</i>	ENA	Point le plus antérieur du maxillaire
<i>Epine nasale postérieure</i>	ENP	Point le plus postérieur du maxillaire

<i>Gonion</i>	Go	Bissectrice de l'angle formé entre la tangente du ramus et la tangente du corpus
<i>Menton</i>	Me	Point le plus inférieur de l'image de la symphyse
<i>Gnathion</i>	Gn	Bissectrice entre la tangente du corpus et la tangente de la symphyse
<i>Pogonion</i>	Pog	Point le plus saillant de la symphyse en orientation de Francfort
<i>Point A</i>	A	Point le plus déclive sur le rebord alvéolaire supérieur
<i>Point B</i>	B	Point le plus déclive sur le rebord alvéolaire inférieur
<i>Incisive centrale maxillaire</i>	U1	Bord incisif de l'incisive centrale maxillaire
<i>Prémolaire maxillaire</i>	U4	Pointe de la cuspide de la 1 ^{ère} prémolaire maxillaire
<i>Première molaire maxillaire</i>	U6	Pointe de la cuspide mésiale de la 1 ^{ère} molaire sup
<i>Incisive centrale mandibulaire</i>	L1	Bord incisif de l'incisive centrale mandibulaire
<i>Prémolaire mandibulaire</i>	L4	Pointe de la cuspide de la 1 ^{ère} prémolaire mandibulaire
<i>Première molaire mandibulaire</i>	L6	Pointe de la cuspide mésiale de la 1 ^{ère} molaire mandibulaire

Tableau 4 Points de référence céphalométrique, leurs abréviations et descriptions.

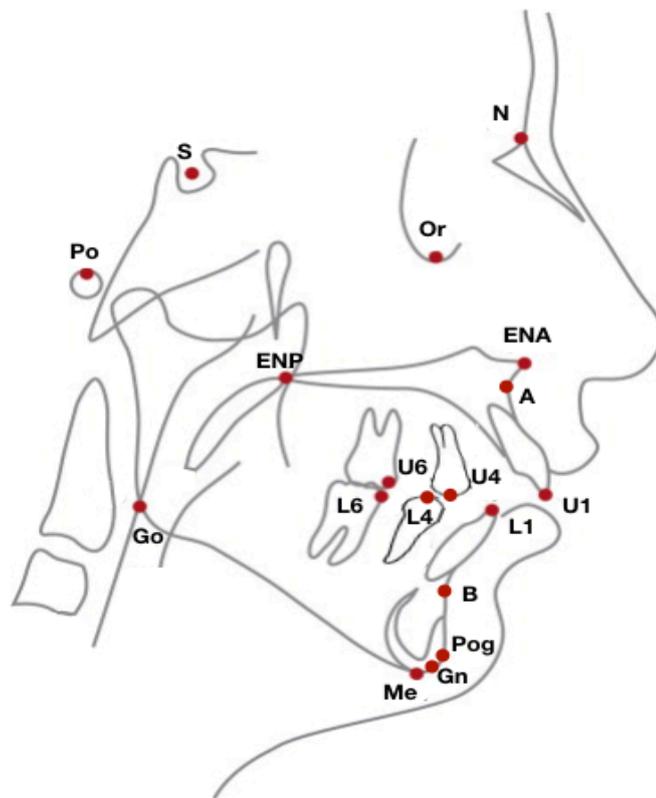


Figure 51 Points céphalométriques de référence

Description des droites de référence :

<i>Nom</i>	<i>Description</i>
<i>SN</i>	Droite de référence osseuse formée par les points S et N
<i>Plan de Francfort</i>	Droite de référence osseuse formée par les points Po et Or
<i>Plan palatin</i>	Droite formée par les points ENA et ENP
<i>Plan mandibulaire</i>	Droite formée par les points Go et Gn
<i>HFAT</i>	Droite formée par les points N et Me
<i>HFAI</i>	Droite formée par les points d'intersection entre N-Me et PP et Me
<i>Plan occlusal</i>	Droite formée entre U6/L6 et mi-distance entre les bords libres de U1 et L1
<i>Axe de L1</i>	Droite formée entre les points L1 et l'apex de L1

Axe de U1	Droite formée entre les points U1 et l'apex de U1
Axe de L4	Droite formée entre les points L4 et l'apex de L4
Axe de U4	Droite formée entre les points U4 et l'apex de U4
Axe de L6	Droite formée entre les points L6 et l'apex de la racine mésiale de L6
Axe de U6	Droite formée entre les points U6 et l'apex de la racine mésiale de U6

Tableau 5 Lignes de référence céphalométrique, leurs abréviations et descriptions

Ainsi, à partir de ces repères squelettiques et dentaires, des angles et des distances sont mesurés afin de comprendre les mouvements effectués.

Ceux-ci sont développés dans les critères de jugement.

3.2.4 Critères de jugement

Critère de jugement principal :

Il s'agit du recouvrement, distance entre les points U1 et L1 dans le sens vertical.

À partir de cette donnée nous pourrons évaluer :

- La sévérité des béances antérieures avant traitement ;
- La valeur moyenne du recouvrement en fin de traitement ;
- Le pourcentage de réussite du traitement (recouvrement > 0mm à T1).

Critères de jugement secondaires :

Ces critères vont nous permettre de répondre aux autres objectifs de l'étude.

- *Temps moyen de traitement avec des aligneurs ;*
- *Données squelettiques :*

<i>Abréviation</i>	<i>Unité de mesure</i>	<i>Description</i>
<i>FMA</i>	°	Angle situé entre le plan de FRANCFORT et le plan mandibulaire
<i>GoGn/SN</i>	°	Angle situé entre SN et le plan mandibulaire
<i>PP/SN</i>	°	Angle situé entre SN et le plan palatin

<i>HFAI/HFAT</i>	%	Pourcentage entre la hauteur faciale totale et la hauteur faciale inférieure
<i>ANB</i>	°	Angle formé entre les points A ; N et B
<i>SNA</i>	°	Angle formé entre SN et NA
<i>SNB</i>	°	Angle formé entre SN et NB

Tableau 6 Angles et pourcentages sur la dimension verticale squelettique et leur description

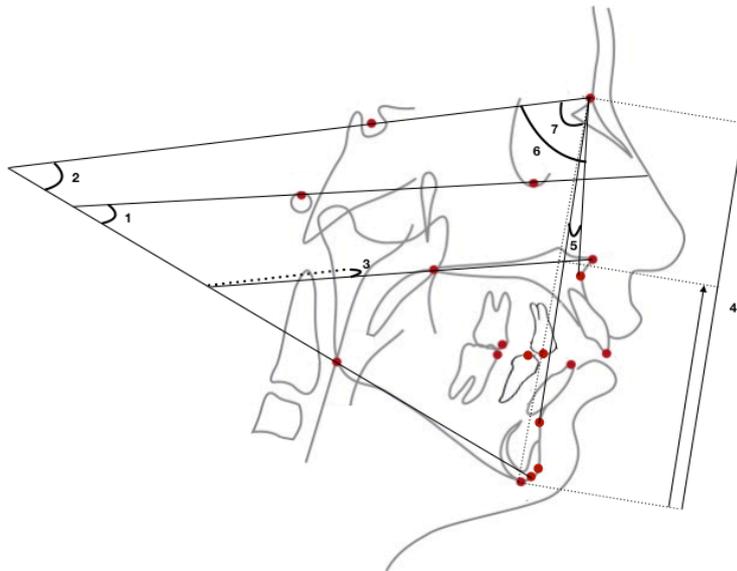


Figure 52 Données squelettiques (1) FMA; (2) SN/PM; (3) SN/PP; (4) HFT/HFI, (5) ANB; (6) SNA; (7) SNB

Ces angles nous renseignent sur la dimension verticale squelettique postérieure et antérieure du patient.

- Données dento-alvéolaires inter-arcade :

Abréviation	Unité de mesure	Description
<i>SN-PO</i>	°	Angle formé entre SN et le plan d'occlusion
<i>Angle inter-incisif</i>	°	Angle formé entre les axes de U1 et L1
<i>Recouvrement</i>	mm	Distance entre les points U1 et L1 dans le sens vertical

Surplomb | mm Distance entre les points U1 et L1 dans le sens sagittal

Tableau 7 Angles et distances sur la dimension verticale alvéolo-dentaire inter-arcade et leurs descriptions

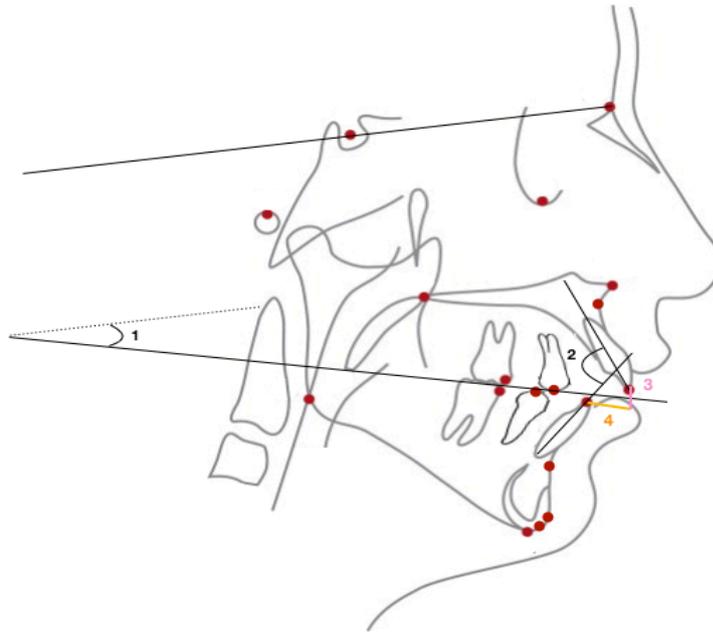


Figure 53 Données dento-alvéolaires inter-arcades : (1) SN/PO; (2) Angle inter-incisif; (3) Recouvrement; (4) Surplomb

Ces deux angles et deux distances nous renseignent sur l'évolution des relations occlusales au cours du traitement.

- Données dento-alvéolaires intra-arcades :

Abréviation Unité de Description
mesure

U1-PP	mm	Distance entre le point U1 et le plan palatin selon une droite perpendiculaire au plan palatin
U1/PP	°	Angle formé entre l'axe de U1 et le plan palatin
U4-PP	mm	Distance entre le point U4 et le plan palatin selon une droite perpendiculaire au plan palatin
U4/PP	°	Angle formé entre l'axe de U4 et le plan palatin
U6-PP	mm	Distance entre le point U6 et le plan palatin selon une droite perpendiculaire au plan palatin

<i>U6/PP</i>	°	Angle formé entre l'axe de U6 et le plan palatin
<i>L1-PP</i>	mm	Distance entre le point L1 et le plan mandibulaire selon une droite perpendiculaire au plan mandibulaire
<i>L1/PM</i>	°	Angle formé entre l'axe de L1 et le plan mandibulaire
<i>L4-PM</i>	mm	Distance entre le point L4 et le plan mandibulaire selon une droite perpendiculaire au plan mandibulaire
<i>L4/PM</i>	°	Angle formé entre l'axe de L4 et le plan mandibulaire
<i>L6-PM</i>	mm	Distance entre le point L6 et le plan mandibulaire selon une droite perpendiculaire au plan mandibulaire
<i>L6/PM</i>	°	Angle formé entre l'axe de L6 et le plan mandibulaire

Tableau 8 Angles et distances sur la dimension verticale alvéolo-dentaire intra-arcade

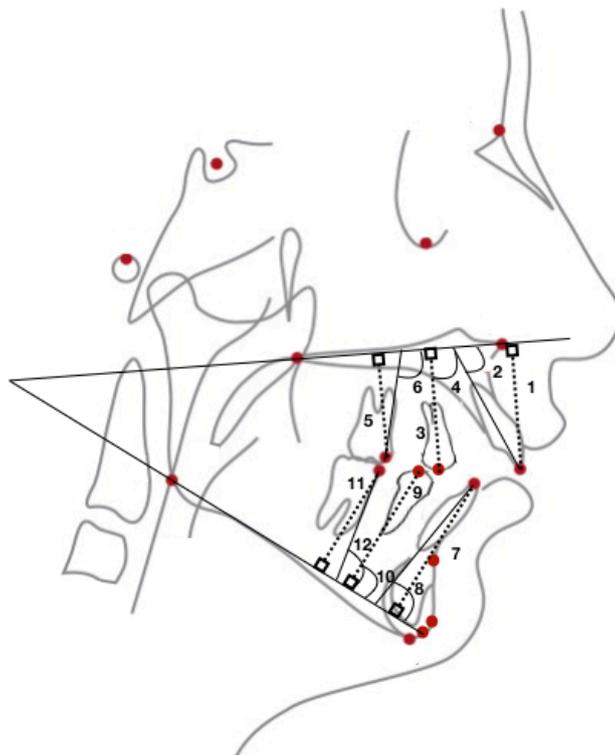


Figure 54 Données dento-alvéolaires intra-arcades : six distances en pointillé et six angles en ligne

Ce sont six angles et six distances qui nous renseignent sur la nature des mouvements dentaires ayant permis la fermeture de la béance.

3.2.5 Analyse statistique

L'échantillon est constitué par les données chiffrées obtenues à partir des téléradiographies de début et de fin des patients inclus dans l'étude.

Les analyses statistiques seront descriptives.

L'analyse du critère principal consistera à évaluer le recouvrement (mm) en début (T0) et fin (T1) de traitement grâce à un traitement par gouttières. Seront réalisés des tests t de Student pour données appariées et des tests des rangs signés de Wilcoxon. Les estimations seront présentées avec un intervalle de confiance à 95 %.

Les analyses des critères secondaires seront essentiellement descriptives. Des analyses exploratoires pourront être réalisées pour étudier les associations entre les mesures quantitatives. Seront ainsi réalisées des corrélations de Pearson.

Le degré de signification statistique prévu est un risque alpha de 0,5.

3.3 Limites

Nous étudierons les biais auxquels notre étude peut être soumise.

Ce sont les biais liés à une étude observationnelle rétrospective (116) :

- Biais de sélection : il existe un biais de volontariat lié au recrutement des praticiens dans l'étude. En effet seul les praticiens voulant bien transmettre leurs cas sont inclus ;
- Biais d'information : la collecte des informations est définie dans le protocole de recherche et effectuée par moi-même dans les cabinets afin de pallier ce biais ;
- Biais de confusion : l'expérience du praticien avec les aligneurs, les différentes stratégies thérapeutiques employées par les praticiens peuvent constituer un biais de confusion dans l'interprétation des résultats.

Il y a également les erreurs de mesure liées à la céphalométrie 2D : le système de positionnement (céphalostat) mis en place en 1926 mais publié qu'en 1931 permet une standardisation des clichés, essentielle aux applications cliniques et de recherche de la céphalométrie.

Les clichés sont reproductibles et superposables grâce à un agrandissement constant et fiable garanti par une grande distance foyer-sujet associé à une faible distance sujet-film.

Cependant, de nombreuses erreurs ont vite été identifiées (117) :

- Erreurs de projection liées à la réalisation du cliché (erreur de positionnement du sujet, écrasement sur un film 2D de plans de structures anatomiques en trois dimensions, capacité du récepteur de l'image latente ;
- Erreurs de tracé liées à l'expérience du praticien, certains repères anatomiques sont situés dans des zones de faible contraste ou présentent une complexité particulière, les résultats sont plus fiables en intra-observateurs qu'en inter-observateurs ;
- Erreurs de mesure dépendantes des erreurs de localisation des points. Il n'y a pas de différence significative entre la céphalométrie manuelle et informatique pour la localisation des points, mais la céphalométrie informatique a l'avantage d'être plus rapide, de tracer les droites et calculer les angles et distances à partir de points. Ce qui diminue considérablement le risque d'erreurs.

Conclusion

L'infraclusion antérieure est un motif de consultation que tout orthodontiste doit savoir prendre en charge dans son cabinet.

Le choix du type de traitement pour l'orthodontiste pourra être principalement orienté par le potentiel de croissance résiduel du patient, la sévérité du décalage squelettique associé au décalage dentaire, l'étendue de la béance antérieure et enfin la position de la ligne du sourire.

Face à la demande grandissante des traitements orthodontiques esthétiques invisibles, l'efficacité des traitements des béances antérieures à l'aide d'aligneurs était donc à étudier. Les aligneurs sont un bon moyen thérapeutique pour le traitement d'une béance antérieure légère à modérée, ils seraient aussi performants que le multi-attaches.

La surépaisseur des gouttières interposée entre les secteurs postérieurs permettrait de contrôler l'égression des molaires maxillaires et mandibulaires grâce aux forces masticatoires. Mais la béance antérieure se ferme principalement par mouvement de palato-version et égression des incisives maxillaires et mandibulaires, sans changement de la dimension verticale postérieure.

Ces résultats sont toutefois à prendre en considération avec beaucoup de prudence car ils s'appuient sur des articles dont le niveau de preuve est variable (avis d'expert, série de cas, cas cliniques et études rétrospectives), des méthodologies différentes et un nombre d'inclusion de patient souvent faible. De plus, aucune étude analyse la stabilité des traitements des béances antérieures par aligneurs, or il s'agit d'un des principaux défis de la correction de ces malocclusions.

Bibliographie

1. Boileau MJ. Orthodontie de l'enfant et du jeune adulte - Tome 2, traitement des dysmorphies et malocclusions. Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson; 2013.
2. Caprioglio A, Levrini L, Nosetti L, Berini J, Macchi A, Tagliabue A, et al. Prevalence of malocclusion in preschool and primary school children with habitual snoring and sleep-disordered breathing. *Eur J Paediatr Dent.* déc 2011;12(4):267-71.
3. Agence Nationale d'Accréditation et d'Evaluation en Santé (ANAES). Indications de l'Orthopédie Dento-Faciale et Dento-Maxillo-Faciale chez l'enfant et l'adolescent. *Acta Endosc.* avr 1998;28(2):151-5.
4. Rijpstra C, Lisson JA. Etiology of anterior open bite: a review. *J Orofac Orthop.* juill 2016;77(4):281-6.
5. Bequain D, Boileau MJ, Casteigt J, Darqué F, Darqué J, Dorignac D, et al. Vertical dimension in orthodontics. *Orthod Fr.* 1989;60(1):9-369.
6. El Aouame A, Daoui A, El Quars F. Ventilation nasale et dimension verticale : étude céphalométrique. *Int Orthod.* déc 2016;14(4):491-502.
7. Pirilä-Parkkinen K, Löppönen H, Nieminen P, Tolonen U, Pirttiniemi P. Cephalometric evaluation of children with nocturnal sleep-disordered breathing. *Eur J Orthod.* déc 2010;32(6):662-71.
8. Chateau M. Orthopédie dento-faciale. Bases scientifiques : croissance, embryologie, histologie, occlusion, physiologie. Tome 1. Paris: Cdp ; 1993.
9. Dahan J. Les perturbations linguales dans les déformations maxillaires. Aspect nosologique et concepts thérapeutiques. *Rev Orthopédie Dento-Faciale.* mars 1989;23(1):53-67.
10. Fränkel R, Fränkel C. A functional approach to treatment of skeletal open bite. *Am J Orthod.* juill 1983;84(1):54-68.
11. Caprioglio A, Fastuca R. Etiology and treatment options of anterior open bite in growing patients: a narrative review. *Orthod Fr.* déc 2016;87(4):467-77.
12. Ingervall B, Bitsanis E. A pilot study of the effect of masticatory muscle training on facial growth in long-face children. *Eur J Orthod.* févr 1987;9(1):15-23.

13. Turner S, Nattrass C, Sandy JR. The role of soft tissues in the aetiology of malocclusion. *Dent Update*. juin 1997;24(5):209-14.
14. Bassigny F. *Manuel d'orthopédie dento-faciale*. Paris: Masson; 1991.
15. Dođramacı EJ, Rossi-Fedele G. Establishing the association between nonnutritive sucking behavior and malocclusions: A systematic review and meta-analysis. *J Am Dent Assoc*. 2016;147(12):926-934.e6.
16. Fournier M, Marquet F. Langue et posture. *Rev Orthopédie Dento-Faciale*. déc 2008;42(4):459-71.
17. Herren P, Muller-Boschung P, Stutz G. Macroglossie et indications orthodontiques de la résection partielle de la langue. *Rev Orthop Dento-Faciale*. juin 1989;23(2):191-205.
18. Langlade M. *Céphalométrie orthodontique*. Paris: Maloine, 1978.
19. Ricketts, Bench, Gugino. *Bioprogressive therapy*. Denver: Rocky Mountain, 1979.
20. Southard T, Marshal S, Bonner L. *Orthodontics in the vertical dimension. A case based reports*. Oxford : Wiley Blackwell, 2015.
21. CADTH Rapid Response Reports Frenectomy for the Correction of ankyloglossia: a review of clinical effectiveness and guidelines. Ottawa (ON): Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health, 2016.
22. Schmid KM, Kugler R, Nalabothu P, Bosch C, Verna C. The effect of pacifier sucking on orofacial structures: a systematic literature review. *Prog Orthod*. mars 2018;19(1):8.
23. Soulet A. Éducation neuro-musculaire des fonctions oro-faciales. *Rev Orthop Dento-Faciale*. juin 1989;23(2):135-75.
24. Fournier M, Brulin F. Le moment de la rééducation en orthopédie dento-faciale. *Rev Orthop Dento-Faciale*. janv 1975;9(1):37-43.
25. Boileau MJ. *Orthodontie de l'enfant et du jeune adulte. Tome 1 : principes et moyens thérapeutiques*. Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson, 2011.
26. Rollet D. Interception des malocclusions à l'aide des éducateurs fonctionnels. *Réal Clin*. 2015;26(2):117-29.
27. Ciavarella D, Mastrovincenzo M, Sabatucci A, Parziale V, Chimenti C. Effect of the enveloppe linguale nocturne on atypical swallowing: surface electromyography and computerised postural test evaluation. *Eur J Paediatr Dent*. sept 2010;11(3):141-5.

28. Bonnet B. Un appareil de reposturation : l'Enveloppe Linguale Nocturne (E.L.N.). *Rev Orthop Dento-Faciale*. sept 1992;26(3):329-47.
29. Defraia E, Marinelli A, Baroni G, Franchi L, Baccetti T. Early orthodontic treatment of skeletal open-bite malocclusion with the open-bite bionator: a cephalometric study. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. nov 2007;132(5):595-8.
30. Pisani L, Bonaccorso L, Fastuca R, Spina R, Lombardo L, Caprioglio A. Systematic review for orthodontic and orthopedic treatments for anterior open bite in the mixed dentition. *Prog Orthod*. déc 2016;17(1):28.
31. Giuntini V, Franchi L, Baccetti T, Mucedero M, Cozza P. Dentoskeletal changes associated with fixed and removable appliances with a crib in open-bite patients in the mixed dentition. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. janv 2008;133(1):77-80.
32. Ritto AK, Leitão P. The lingual pearl. *J Clin Orthod*. mai 1998;32(5):318-27.
33. Langlade M. *Thérapeutiques orthodontiques*. Paris : Maloine. 1986.
34. Pedrin F, Almeida MR de, Almeida RR de, Almeida-Pedrin RR de, Torres F. A prospective study of the treatment effects of a removable appliance with palatal crib combined with high-pull chin cup therapy in anterior open-bite patients. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. mars 2006;129(3):418-23.
35. Işcan HN, Dinçer M, Gültan A, Meral O, Taner-Sarisoy L. Effects of vertical chin cup therapy on the mandibular morphology in open-bite patients. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. nov 2002;122(5):506-11.
36. Torres F, Almeida RR, de Almeida MR, Almeida-Pedrin RR, Pedrin F, Henriques JFC. Anterior open bite treated with a palatal crib and high-pull chin cup therapy. A prospective randomized study. *Eur J Orthod*. déc 2006;28(6):610-7.
37. Işcan HN, Sarisoy L. Comparison of the effects of passive posterior bite-blocks with different construction bites on the craniofacial and dentoalveolar structures. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. août 1997;112(2):171-8.
38. Noar JH, Shell N, Hunt NP. The performance of bonded magnets used in the treatment of anterior open bite. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. mai 1996;109(5):549-56; discussion 557.
39. Kiliaridis S, Egermark I, Thilander B. Anterior open bite treatment with magnets. *Eur J Orthod*. nov 1990;12(4):447-57.

40. Cinsar A, Alagha AR, Akyalçin S. Skeletal open bite correction with rapid molar intruder appliance in growing individuals. *Angle Orthod.* juill 2007;77(4):632-9.
41. Ng CST, Wong WKR, Hagg U. Orthodontic treatment of anterior open bite. *Int J Paediatr Dent.* mars 2008;18(2):78-83.
42. Darqué F., Ellouze S. Mini implant, l'orthodontie de demain. Paris : Quintessence International. 2012.
43. Gill D, Lieblich SE. Office placement of skeletal anchorage devices. *Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* sept 2013;21(2):227-33.
44. Mini vis d'ingression molaire [Internet]. Disponible sur: https://www.google.com/search?q=mini+vis+ingression+molaire&client=safari&rls=en&sxsrf=ACYBGNSWGJiwUJHHD4KVmO8ZGypfoEOTXQ:1578559953117&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKEwihkoyKkvbmAhXdAGMBHRBJCvEQ_AUoAXoECAwQAw&biw=1240&bih=646#imgrc=C4p8dlRqODsarM
45. Akay MC, Aras A, Günbay T, Akyalçin S, Koyuncue BO. Enhanced effect of combined treatment with corticotomy and skeletal anchorage in open bite correction. *J Oral Maxillofac Surg.* mars 2009;67(3):563-9.
46. Seres L, Kocsis A. Closure of severe skeletal anterior open bite with zygomatic anchorage. *J Craniofac Surg.* mars 2009;20(2):478-82.
47. Sherwood KH, Burch JG, Thompson WJ. Closing anterior open bites by intruding molars with titanium miniplate anchorage. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* déc 2002;122(6):593-600.
48. Deguchi T, Kurosaka H, Oikawa H, Kuroda S, Takahashi I, Yamashiro T, et al. Comparison of orthodontic treatment outcomes in adults with skeletal open bite between conventional edgewise treatment and implant-anchored orthodontics. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* avr 2011;139(4):S60-68.
49. Hart TR, Cousley RRJ, Fishman LS, Tallents RH. Dentoskeletal changes following mini-implant molar intrusion in anterior open bite patients. *Angle Orthod.* nov 2015;85(6):941-8.
50. Paccini JVC, Cotrim-Ferreira FA, Ferreira FV, Freitas KMS de, Cançado RH, Valarelli FP. Efficiency of two protocols for maxillary molar intrusion with mini-implants. *Dent Press J Orthod.* juin 2016;21(3):56-66.
51. Scheffler NR, Proffit WR, Phillips C. Outcomes and stability in patients with anterior

open bite and long anterior face height treated with temporary anchorage devices and a maxillary intrusion splint. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* nov 2014;146(5):594-602.

52. Umemori M, Sugawara J, Mitani H, Nagasaka H, Kawamura H. Skeletal anchorage system for open-bite correction. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* févr 1999;115(2):166-74.

53. Erverdi N, Keles A, Nanda R. The use of skeletal anchorage in open bite treatment: a cephalometric evaluation. *Angle Orthod.* juin 2004;74(3):381-90.

54. Baek M-S, Choi Y-J, Yu H-S, Lee K-J, Kwak J, Park Y-C. Long-term stability of anterior open-bite treatment by intrusion of maxillary posterior teeth. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* oct 2010;138(4):396.e1-396.e9.

55. Marzouk ES, Kassem HE. Long-term stability of soft tissue changes in anterior open bite adults treated with zygomatic miniplate-anchored maxillary posterior intrusion. *Angle Orthod.* mars 2018;88(2):163-70.

56. Reichert I, Figel P, Winchester L. Orthodontic treatment of anterior open bite: a review article--is surgery always necessary? *Oral Maxillofac Surg.* sept 2014;18(3):271-7.

57. Canal P, Bassigny F. Effect of treatment with extractions of 4 first molars on vertical dimension. *Orthod Fr.* 1979;50:471-8.

58. Erard E, Cannoni P, Deroze D. Impact of early extraction of the 1st molars on vertical dimension. *Orthod Fr.* 1989;60(2):635-40.

59. De Figueiredo MA, Siqueira DF, Bommarito S, Sannomiya EK, White LW. Early tooth extraction in the treatment of anterior open bite in hyperdivergent patients. *World J Orthod.* 2007;8(3):249-60.

60. Kouvelis G, Dritsas K, Doulis I, Kloukos D, Gkantidis N. Effect of orthodontic treatment with 4 premolar extractions compared with nonextraction treatment on the vertical dimension of the face: A systematic review. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* août 2018;154(2):175-87.

61. Kim YH, Han UK, Lim DD, Serraon ML. Stability of anterior openbite correction with multiloop edgewise archwire therapy: A cephalometric follow-up study. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* juill 2000;118(1):43-54.

62. Langlade M. Optimisation des elastiques orthodontiques. Tours : GAC international Inc; 2000.

63. Endo T, Kojima K, Kobayashi Y, Shimooka S. Cephalometric evaluation of anterior

open-bite nonextraction treatment, using multiloop edgewise archwire therapy. *Odontology*, sept 2006;94(1):51-8.

64. Küçükkeleş N, Acar A, Demirkaya AA, Evrenol B, Enacar A. Cephalometric evaluation of open bite treatment with NiTi arch wires and anterior elastics. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. nov 1999;116(5):555-62.

65. Erdem B, Küçükkeleş N. Three-dimensional evaluation of open-bite patients treated with anterior elastics and curved archwires. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. nov 2018;154(5):693-701.

66. Janson G, Valarelli FP. *Open-Bite malocclusion. Treatment and stability*. Oxford :Wiley Blackwell, 2014.

67. Divol A. *Evolution des ostéotomies mandibulaires [Thèse d'exercice] [France]*. Université Toulouse III; Unité de Formation et de Recherche d'Odontologie, 2017.

68. Tulasne J-F, Solyom É. Hyperdivergence squelettique. Considérations chirurgicales. *Rev Orthop Dento-Faciale*. sept 2010;44(3):333-51.

69. Casteigt J, Dereudre B. Approche chirurgicale d'un problème vertical: le long face syndrome. *Rev Stomatol Chir Maxillo fac*. 1984;85(2):83-93.

70. ostéotomie de lefort 1 [Internet]. Disponible sur:

https://www.google.com/search?q=ost%C3%A9otomie+de+lefort+1&client=safari&rls=en&sxsrf=ACYBGNTOLxcCQIqJhexiqeEKbrW6dhHIIA:1578561546036&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjNmtSBmPbmAhWlyYUKHTObCyUQ_AUoAXoECAwQAw&biw=1240&bih=646#imgsrc=LdlUI670f62poM

71. Solano-Hernández B, Antonarakis GS, Scolozzi P, Kiliaridis S. Combined orthodontic and orthognathic surgical treatment for the correction of skeletal anterior open-bite malocclusion: a systematic review on vertical stability. *J Oral Maxillofac Surg*. janv 2013;71(1):98-109.

72. Trauner R, Obwegeser H. The surgical correction of mandibular prognathism and retrognathia with consideration of genioplasty. II. Operating methods for microgenia and distocclusion. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. sept 1957;10(9):899-909.

73. Dal Pont G. Retromolar osteotomy for the correction of prognathism. *J Oral Surg Anesth Hosp Dent Serv*. janv 1961;19:42-7.

74. El-Okeily M, Makaremi M. Quand la réflexion anthropologique guide l'attitude vis-à-vis du menton en chirurgie orthognathique. *Rev Orthop Dento-Faciale*. avr 2013;47(2):193-201.

75. Frapier L, Picot M-C, Gonzales J, Massif L, Breton I, Dauvilliers Y, et al. Ventilatory disorders and facial growth: benefits of early genioplasty. *Int Orthod*. mars 2011;9(1):20-41.
76. Triaca A, Rozenzweig S. Réfléchir, rechercher, innover en chirurgie maxillo-faciale. Entretien avec Albino Triaca. *Orthod Fr*. juin 2016;87(2):151-73.
77. Lopez PE, Guerrero CA, Mujica EV. Mandibular basal osteotomy: new designs and fixation techniques. *J Oral Maxillofac Surg*. mars 2011;69(3):786-97.
78. Philippe J. La récurrence et la contention post-orthodontique. Collection la bibliothèque orthodontique. Les Ulis : S.L.D, 2000.
79. Greenlee GM, Huang GJ, Chen SS-H, Chen J, Koepsell T, Hujoel P. Stability of treatment for anterior open-bite malocclusion: a meta-analysis. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. févr 2011;139(2):154-69.
80. Medio M, Chabre C. Récurrence et contention. *EMC Médecine buccale*. 2016; 11(3): 1-10.
81. Kesling HD. Coordinating the predetermined pattern and tooth positioner with conventional treatment. *Am J Orthod Oral Surg*. mai 1946;32:285-93.
82. Chaudret F. Biomécanique des aligneurs en orthodontie [Thèse d'exercice] [France]. Université Paris-Descartes; Unité de Formation et de Recherche d'Odontologie, 2018.
83. Sheridan JJ, LeDoux W, McMinn R. Essix retainers: fabrication and supervision for permanent retention. *J Clin Orthod*. janv 1993;27(1):37-45.
84. Wong BH. Invisalign A to Z. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. mai 2002;121(5):540-1.
85. Weir T. Clear aligners in orthodontic treatment. *Aust Dent J*. mars 2017;62(1):58-62.
86. Hennessy J, Al-Awadhi EA. Clear aligners generations and orthodontic tooth movement. *J Orthod*. janv 2016;43(1):68-76.
87. Djeu G, Shelton C, Maganzini A. Outcome assessment of Invisalign and traditional orthodontic treatment compared with the American Board of Orthodontics objective grading system. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. sept 2005;128(3):292-8; discussion 298.
88. Tai S. Clear aligner technique. Batavia : Quintessence Publishing. 2018.
89. Invisalign Online Academy [Internet]. [cité 15 déc 2019]. Disponible sur: <https://learn.invisalign.com/>
90. Kravitz ND, Kusnoto B, Agran B, Viana G. Influence of attachments and interproximal reduction on the accuracy of canine rotation with Invisalign. A prospective clinical study. *Angle*

Orthod. juill 2008;78(4):682-7.

91. Kravitz ND, Kusnoto B, BeGole E, Obrez A, Agran B. How well does Invisalign work? A prospective clinical study evaluating the efficacy of tooth movement with Invisalign. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* janv 2009;135(1):27-35.

92. Phan X, Ling PH. Clinical limitations of Invisalign. *J Can Dent Assoc.* avr 2007;73(3):263-6.

93. Simon M, Keilig L, Schwarze J, Jung BA, Bourauel C. Forces and moments generated by removable thermoplastic aligners: incisor torque, premolar derotation, and molar distalization. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* juin 2014;145(6):728-36.

94. Robitaille P. Traitement combiné d'orthodontie et de chirurgie orthognatique avec Invisalign®: revue de la durée de traitement et des résultats obtenus [Thèse d'exercice] [Canada]. Montréal University; Département de santé buccale section orthodontie, 2016.

95. Lagravère MO, Flores-Mir C. The treatment effects of Invisalign orthodontic aligners: a systematic review. *J Am Dent Assoc.* déc 2005;136(12):1724-9.

96. Zheng M, Liu R, Ni Z, Yu Z. Efficiency, effectiveness and treatment stability of clear aligners: A systematic review and meta-analysis. *Orthod Craniofac Res.* 2017;20(3):127-33.

97. Galan-Lopez L, Barcia-Gonzalez J, Plasencia E. A systematic review of the accuracy and efficiency of dental movements with Invisalign®. *Korean J Orthod.* mai 2019;49(3):140-9.

98. Papadimitriou A, Mousoulea S, Gkantidis N, Kloukos D. Clinical effectiveness of Invisalign® orthodontic treatment: a systematic review. *Prog Orthod.* sept 2018;19(1):37.

99. Rossini G, Parrini S, Castroflorio T, Deregibus A, Debernardi CL. Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: a systematic review. *Angle Orthod.* sept 2015;85(5):881-9.

100. Papageorgiou SN, Koletsi D, Iliadi A, Peltomaki T, Eliades T. Treatment outcome with orthodontic aligners and fixed appliances: a systematic review with meta-analyses. *Eur J Orthod.* août 2019; [Epub ahead of print].

101. Gu J, Tang JS, Skulski B. Evaluation of Invisalign treatment effectiveness and efficiency compared with conventional fixed appliances using the Peer Assessment Rating index. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2017, 151(2):259-66.

102. Preston KA. Treatment and post-treatment posterior occlusal changes in Invisalign® and

traditional braces: a randomized controlled. [Thèse d'exercice] [Etat Unis]. Texas A & M university; 2017.

103. Lanteri V, Farronato G, Lanteri C, Caravita R, Cossellu G. The efficacy of orthodontic treatments for anterior crowding with Invisalign compared with fixed appliances using the Peer Assessment Rating Index. *Quintessence Int (Berlin)*. 2018;49(7):581-7.

104. Hennessy J, Garvey T, Al-Awadhi EA. A randomized clinical trial comparing mandibular incisor proclination produced by fixed labial appliances and clear aligners. *Angle Orthod*. sept 2016;86(5):706-12.

105. Yi J, Xiao J, Li Y, Li X, Zhao Z. External apical root resorption in non-extraction cases after clear aligner therapy or fixed orthodontic treatment. *J Dent Sci*. mars 2018;13(1):48-53.

106. Boyd RL, Oh H, Fallah M, Vlaskalic V. An update on present and future considerations of aligners. *J Calif Dent Assoc*. oct 2006;34(10):793-805.

107. Park JH, Kim TW. Open-bite treatment utilizing clear removable appliances with intermaxillary and intramaxillary elastics. *World J Orthod*. 2009;10(2):130-4.

108. Schupp W, Haubrich J, Neumann I. Treatment of anterior open bite with the Invisalign system. *J Clin Orthod*. août 2010;44(8):501-7.

109. Guarneri MP, Oliverio T, Silvestre I, Lombardo L, Siciliani G. Open bite treatment using clear aligners. *Angle Orthod*. sept 2013;83(5):913-9.

110. Kau CH, Feinberg KB, Christou T. Effectiveness of clear aligners in treating patients with anterior open bite: a retrospective analysis. *J Clin Orthod*. août 2017;51(8):454-60.

111. Khosravi R, Cohanim B, Hujoel P, Daher S, Neal M, Liu W, et al. Management of overbite with the Invisalign appliance. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. avr 2017;151(4):691-699.e2.

112. Moshiri S, Araújo EA, McCray JF, Thiesen G, Kim KB. Cephalometric evaluation of adult anterior open bite non-extraction treatment with Invisalign. *Dent Press J Orthod*. oct 2017;22(5):30-8.

113. Garnett BS, Mahood K, Nguyen M, Al-Khateeb A, Liu S, Boyd R, et al. Cephalometric comparison of adult anterior open bite treatment using clear aligners and fixed appliances. *Angle Orthod*. 2019;89(1):3-9.

114. Grünheid T, Loh C, Larson BE. How accurate is Invisalign in nonextraction cases? Are

predicted tooth positions achieved? Angle Orthod. nov 2017;87(6):809-15.

115. Kuncio D, Maganzini A, Shelton C, Freeman K. Invisalign and traditional orthodontic treatment postretention outcomes compared using the American Board of Orthodontics objective grading system. Angle Orthod. sept 2007;77(5):864-9.

116. Kleist P. Les biais dans les études d'observation. Forum Med Suisse. 2010;10(35):580-3.

117. Bourriau J, Bidange G, Foucart J-M. Les erreurs de mesure en céphalométrie 2D. Orthod Fr. mars 2012;83(1):23-36.

Index des illustrations

Figure 1 Schéma d'une occlusion normale, une béance dento-alvéolaire et une béance squelettique (20).....	24
Figure 2 Effets des FEO à traction occipitale sur la première molaire maxillaire d'après LANGLADE (33)	29
Figure 3 Effets squelettiques de la fronde mentonnière d'après LANGLADE (33)	30
Figure 4 Plaques de surélévation molaire de 5 mm (à gauche) et 10 mm (à droite) (37).....	31
Figure 5 Forces de répulsion des aimants, en vue sagittale et frontale, selon différentes orientations (carrés, inclinés, asymétriques, bord à bord) (38).....	32
Figure 6 Composants du "rapid molar intruder" : (a) boules de connexion, (b) ressort, (d) tige angulée terminale, (e) tige droite terminale (40)	33
Figure 7 (a) Transfert direct des forces intrusives sur les premières molaires maxillaires et mandibulaires, (b) Inocclusion des molaires maxillaires et mandibulaires peu après la dépose de l'appareil (40)	33
Figure 8 Mini-plaques en T placées sur la zone zygomatoco-maxillaire (43).....	35
Figure 9 Mini-plaques en I placées en avant du foramen mentonnier (à gauche) et sur la face externe de la branche montante (à droite) (43)	35
Figure 10 (a) Première molaire maxillaire égrésée, (b) Ingression sur mini-vis vestibulaire et palatine à l'aide d'un ressort Nitinol en vue sagittale, (c) Ingression sur mini-vis à l'aide d'un ressort Nitinol en vue occlusale (44)	36

Figure 11 Effets de l'ingression postérieure maxillaire sur la croissance, l'arcade et les mouvements dento-alvéolaires (42)	37
Figure 12 Effets de l'ingression postérieure maxillaire et mandibulaire sur la croissance, l'arcade et les mouvements dento-alvéolaires (42).....	37
Figure 13 Effets de l'ingression postérieure maxillaire et mandibulaire combinée à une ingression antérieure sur la croissance, les arcades et les mouvements dento-alvéolaires (42).....	38
Figure 14 Composante des forces exercée par des arcs NiTi avec courbe de SPEE au maxillaire et courbe de SPEE inversée à la mandibule (à gauche) et par ces arcs Niti avec des élastiques antérieurs (64)	44
Figure 15 (a) Nivellement en technique continue, (b) Nivellement en technique segmentée (66)	46
Figure 16 Chirurgie maxillaire de Lefort 1 (70)	47
Figure 17 Traits d'ostéotomie de Lefort 1 multi-fragments en vue fronto-sagittale (a) et occlusale (b) (66)	48
Figure 18 Illustration d'une ostéotomie en L inversée de TRAUNER avec génioplastie et ses déplacements (68)	49
Figure 19 Ostéotomie sagittale comme décrite par OBWEGESER (trait interne en haut et externe en bas) (67)	50
Figure 20 Ostéotomie sagittale modifiée par DAL PONT (trait interne en haut et externe en bas) (67).....	51
Figure 21 Illustrations du trait d'ostéotomie horizontale de glissement (à gauche) et son déplacement (à droite) (67)	52
Figure 22 Ostéotomie Chin Wing de TRIACA (67).....	53
Figure 23 Pourcentage des patients avec une récurrence supérieure à 2 mm ou 2 ° au court et long terme. Abréviations : OB (recouvrement), MP (plan mandibulaire), PP (plan palatin), ST (court terme), LT (long terme) (71)	54
Figure 24 Taquet ellipsoïde en vue frontale et latérale (89)	60
Figure 25 Taquet rectangulaire en vue frontale et latérale (89).....	60
Figure 26 Taquet biseauté (89)	61
Figure 27 Type de mouvement indiqué, taquet optimisé associé et leur illustration (88)	62
Figure 28 Points de pression (à gauche) et "bite ramp" (à droite) (89)	63
Figure 29 Prescription de la correction de la béance antérieure (89)	65

Figure 30 "Clin Check" avec à droite la fenêtre de commentaire du technicien (89).....	66
Figure 31 "Clin Check" avec la fenêtre "organisation des étapes" ouverte à droite (89)	66
Figure 32 Superposition des "Clin Check" mandibulaires de début et de fin de traitement (89) ..	67
Figure 33 "Clin Check" avec les pastilles indiquant la difficulté des mouvements (89).....	67
Figure 34 Illustration du mouvement d'égression antérieure relative (89)	68
Figure 35 Illustration du mouvement d'égression antérieure vraie (89)	69
Figure 36 Illustration des forces égressives antérieures et intrusives postérieures (88)	70
Figure 37 (à gauche) Ingression des molaires, (à droite) Mouvement d'autorotation de la mandibule autour de son axe de rotation (89).....	70
Figure 38 (à gauche) Ingression des secondes molaires, (au centre) Ingression des premières molaires, (à droite) Ingression postérieure terminée (89)	71
Figure 39 Vue occlusale d'une ingression des secteurs postérieurs maxillaires avec des mini-vis (deux vestibulaires et deux palatines) (82)	71
Figure 40 Exemple d'une prescription ortho-chirurgicale Invisalign pour la correction d'une béance (89).....	72
Figure 41 (à gauche) "Clin-Check" initial (au centre) "Clin Check" en fin de préparation chirurgicale, (à droite) Saut d'articulé (89)	73
Figure 42 Résumé des limites de l'ensemble des mouvements dento-alvéolaires effectués à l'aide d'aligneurs (85)	74
Figure 43 Diagramme comparant les résultats sur le temps de traitement entre aligneurs et multi- attaches des sept études incluses dans la revue systématique de Papageorgiou et al (100)...	76
Figure 44 Diagramme comparant les OGS-scores entre les traitements par aligneurs et multi- attaches (100)	78
Figure 45 (à gauche) grille d'évaluation Peer assessment rating, (à droite) grille d'évaluation ICON (110)	83
Figure 46 (a) Illustration de l'égression antérieure à l'aide d'élastiques inter-arcades, (b) Illustration de l'égression antérieure à l'aide d'élastiques intra-arcades (107)	84
Figure 47 Diagramme de l'amplitude des mouvements verticaux antérieurs (en haut) et postérieurs (en bas) effectués par les aligneurs dans le groupe de patients avec béance antérieure (111).....	86

Figure 48 Diagramme illustrant les recouvrements des patients inclus (en mm) avant et après traitement (111).....	87
Figure 49 Caractéristiques et comparaison des patients inclus dans les deux groupes (aligneurs et multi-attaches) (113)	88
Figure 50 Diagramme comparant la sévérité des béances antérieures entre les deux groupes (aligneurs et multi-attaches) (113)	88
Figure 51 Points céphalométriques de référence	96
Figure 52 Données squelettiques (1) FMA; (2) SN/PM; (3) SN/PP; (4) HFT/HFI, (5) ANB; (6) SNA; (7) SNB	98
Figure 53 Données dento-alvéolaires inter-arcades : (1) SN/PO; (2) Angle inter-incisif; (3) Recouvrement; (4) Surplomb.....	99
Figure 54 Données dento-alvéolaires intra-arcades : six distances en pointillé et six angles en ligne.....	100

Index des tableaux

Tableau 1 Valeurs de la dimension verticale avec l'analyse de Ricketts (19)	23
Tableau 2 Niveaux de difficulté selon l'amplitude des mouvements requis et les prescriptions recommandées (89).....	73
Tableau 3 Résumé des huit articles inclus sur le traitement des béances antérieures à l'aide d'aligneurs : nom, année de publication, type d'article, patients inclus, intervention et moyen d'évaluation.....	82
Tableau 4 Points de référence céphalométrique, leurs abréviations et descriptions.....	95
Tableau 5 Lignes de référence céphalométrique, leurs abréviations et descriptions	97
Tableau 6 Angles et pourcentages sur la dimension verticale squelettique et leur description	98
Tableau 7 Angles et distances sur la dimension verticale alvéolo-dentaire inter-arcade et leurs descriptions	99
Tableau 8 Angles et distances sur la dimension verticale alvéolo-dentaire intra-arcade	100

DESERCES (sophie). Correction des infraclusions antérieures à l'aide d'aligneurs.

- 116 f. ; ill. ; tabl. ; 117 ref. ; 30 cm (Thèse : chir. Dent. ; Nantes ; 2020)

RÉSUMÉ

Le traitement des infraclusions antérieures et leur stabilité est un réel défi en orthopédie dento-faciale. Face à la demande grandissante des traitements orthodontiques esthétiques invisibles, l'efficacité des traitements des béances antérieures à l'aide d'aligneurs était donc à étudier.

Après un rappel des généralités sur les infraclusions antérieures, les traitements par aligneurs seront abordés à travers les recommandations des fabricants comparées aux dernières études sur l'efficacité des mouvements de manière générale et l'efficacité des traitements des béances en particulier. Une courte introduction à un travail de recherche viendra compléter les connaissances dans ce domaine.

RUBRIQUE DE CLASSEMENT : Orthopédie dento-faciale

MOTS CLES

Orthodontie – Orthodontics

Béance dentaire – Open bite

Dispositifs orthodontiques amovibles – Clear aligner appliances

JURY

Président : Professeur Bernard GIUMELLI

Assesseur : Docteur Stéphane RENAUDIN

Directeurs : Docteur Marc-Henry NIVET

Docteur Fabienne JORDANA

ADRESSE DE L'AUTEUR

58, rue Fouré – 44000 NANTES

sophie.deserces@icloud.com