

**UNIVERSITE DE LILLE**  
**FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE**

Année de soutenance : 2020

N°:

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

Présentée et soutenue publiquement le 24 janvier 2020

Par Jeanne SABLON

Née le 22 SEPTEMBRE 1994 à Lavelanet

INTERET DES AUXILIAIRES AVEC LES TECHNIQUES PAR ALIGNEURS  
ORTHODONTIQUES

**JURY**

Président :	Monsieur le Professeur Thomas COLARD
Assesseurs :	Madame le Docteur Emmanuelle BOCQUET Monsieur le Docteur Thomas TRENTESAUX <u>Monsieur le Docteur Pierre TELLIEZ</u>
Membre invité :	Monsieur Philippe DECOCQ

**UNIVERSITE DE LILLE**  
**FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE**

Année de soutenance : 2020

N°:

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

Présentée et soutenue publiquement le 24 janvier 2020

Par Jeanne SABLON

Née le 22 SEPTEMBRE 1994 à Lavelanet

INTERET DES AUXILIAIRES AVEC LES TECHNIQUES PAR ALIGNEURS  
ORTHODONTIQUES

**JURY**

Président :	Monsieur le Professeur Thomas COLARD
Assesseurs :	Madame le Docteur Emmanuelle BOCQUET
	Monsieur le Docteur Thomas TRENTESAUX
	<u>Monsieur le Docteur Pierre TELLIEZ</u>
Membre invité :	Monsieur Philippe DECOCQ

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

## PERSONNEL ENSEIGNANT DE L'U.F.R.

### PROFESSEURS DES UNIVERSITES :

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

## MAÎTRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS

K. AGOSSA	Parodontologie
T. BÉCAVIN	Dentisterie Restauratrice Endodontie
A. BLAIZOT	Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale.
P. BOITELLE	Prothèses
<b>F. BOSCHIN</b>	Responsable de la Sous-Section de <b>Parodontologie</b>
<b>E. BOCQUET</b>	Responsable du Département d' <b>Orthopédie Dento-Faciale</b> <b>Doyen de la Faculté de Chirurgie Dentaire</b>
<b>C. CATTEAU</b>	Responsable du Département de <b>Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale.</b>
A. DE BROUCKER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
M. DEHURTEVENT	Prothèses
T. DELCAMBRE	Prothèses
F. DESCAMP	Prothèses
A. GAMBIEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
F. GRAUX	Prothèses
<b>P. HILDEBERT</b>	Responsable du Département de <b>Dentisterie Restauratrice Endodontie</b>
C. LEFEVRE	Prothèses
J-L. LÉGER	Orthopédie Dento-Faciale
M. LINEZ	Dentisterie Conservatrice – Endodontie
T. MARQUILLIER	Odontologie Pédiatrique
G. MAYER	Prothèses
<b>L. NAWROCKI</b>	Responsable du Département de <b>Chirurgie Orale</b> Chef du Service d'Odontologie A. Caumartin - CHRU Lille
<b>C. OLEJNIK</b>	Responsable du Département de <b>Biologie Orale</b>
P. ROCHER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
L. ROBBERECHT	Dentisterie Restauratrice Endodontie
<b>M. SAVIGNAT</b>	Responsable du Département des <b>Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux</b>
T. TRENTESAUX	Odontologie Pédiatrique
<b>J. VANDOMME</b>	Responsable du Département de <b>Prothèses</b>

### ***Réglementation de présentation du mémoire de Thèse***

Par délibération en date du 29 octobre 1998, le Conseil de la Faculté de Chirurgie Dentaire de l'Université de Lille 2 a décidé que les opinions émises dans le contenu et les dédicaces des mémoires soutenus devant jury doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'ainsi aucune approbation, ni improbation ne leur est donnée.

# Remerciements

*Aux membres du jury,*

**Monsieur le Professeur Thomas COLARD**

**Professeur des Universités - Praticien Hospitalier des CSERD**

*Section Réhabilitation Orale*

*Département Sciences Anatomiques*

- Docteur en Chirurgie Dentaire
- Docteur au Museum National d'Histoire Naturelle en Anthropologie Biologique
- Assesseur à la Recherche

*Je tiens à vous remercier de m'avoir fait l'honneur de présider ce jury, en acceptant  
ma demande sans hésitation et avec enthousiasme.*

*C'est une chance de vous avoir avec nous dans le service et j'espère que nous  
serons à la hauteur de vos exigences.*

*J'espère que ce travail saura retenir votre attention et vous plaira.*

*Veillez recevoir l'expression de mon plus grand respect.*

**Madame le Docteur Emmanuelle BOCQUET**

**Maître de Conférences des Universités - Praticien Hospitalier des CSERD**

*Section Développement, Croissance et Prévention*

*Département Orthopédie Dento-Faciale*

- Docteur en Chirurgie Dentaire
  - Certificat d'Etudes Cliniques Spéciales Mention Orthodontie
  - Certificat d'Etudes Supérieures de Biologie de la Bouche
  - Certificat d'Etudes Supérieures d'Orthopédie Dento-Faciale
  - Master 2 Recherche Biologie Santé
  - Maîtrise des Sciences Biologiques et Médicales
- 
- Doyen de la Faculté de Chirurgie Dentaire de Lille
  - Responsable de la Sous-Section d'Orthopédie Dento-Faciale

*Je vous remercie d'avoir accepté de siéger dans mon jury.*

*Je suis fière de faire partie de votre équipe d'internes. Humaine et généreuse, vous êtes plus que notre chef de service. Votre soutien et votre attention lorsque j'étais en difficulté m'ont beaucoup touchée. J'en suis très reconnaissante.*

*Merci pour la confiance que vous m'avez accordée tout au long de ces deux dernières années d'internat.*

*Veuillez recevoir l'assurance de ma gratitude et de mon profond respect.*

*J'espère par ce travail faire honneur à votre enseignement.*



## Monsieur le Docteur Thomas TRENTESAUX

### **Maître de Conférences des Universités - Praticien Hospitalier des CSERD**

*Section Développement, Croissance et Prévention*

*Département Odontologie Pédiatrique*

- Docteur en Chirurgie Dentaire
- Docteur en Ethique et Droit Médicale de l'Université Paris Descartes (Paris V)
- Certificat d'Etudes Supérieures de Pédodontie et Prévention – Paris Descartes (Paris V)
- Diplôme d'Université « Soins Dentaires sous Sédation » (Aix-Marseille II)
- Master 2 Ethique Médicale et Bioéthique Paris Descartes (Paris V)
  
- Formation certifiante « Concevoir et évaluer un programme éducatif adapté au contexte de vie d'un patient »

*Je vous remercie grandement d'avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse malgré vos obligations professionnelles. Je n'ai pas eu la chance de connaître votre enseignement. Je vous connais essentiellement grâce à nos rencontres furtives dans les couloirs. Toujours très souriant et agréable. J'espère que vous prendrez plaisir à découvrir ce travail.*

**Monsieur le Docteur Pierre TELLIEZ**

**Assistant Hospitalo-Universitaire des CSERD**

*Section Développement, Croissance et Prévention*

*Département Orthopédie Dento-Faciale*

- Docteur en Chirurgie Dentaire
- Spécialiste Qualifié en Orthopédie Dento-Faciale

*Je tiens à te remercier d'avoir accepté de diriger ce travail de thèse.*

*Co-interne, assistant mais surtout ami. Ton dynamisme et ta bonne humeur sont inépuisables. Ton humour nous garantit toujours une bonne ambiance. Je ne compte plus le nombre de bons moments partagés ensemble. Nombreuses sont tes qualités.*

*Depuis que tu es devenu mon directeur de thèse j'ai également découvert une nouvelle facette de toi, ton sérieux. Ton engagement et ton implication m'ont tirée vers le haut. Je te remercie de m'avoir épaulée et de m'avoir poussée à m'améliorer.*

*Reçois l'expression de ma sincère amitié et de mon profond respect.*

**Monsieur le Docteur Philippe DECOCQ**

**Assistant Hospitalo-Universitaire**

*Section Développement, Croissance et Prévention*

*Département Orthopédie Dento-Faciale*

- Docteur en Chirurgie Dentaire
- Certificat d'Etudes Supérieures d'Orthopédie Dento-Faciale
- Master I Recherche Biologie Santé - Neurosciences
- Master II Recherche, Spécialité Physiologie, et Physiopathologie des maladies Humaines
- Diplôme Universitaire de Croissance Crânio-Faciale et d'Orthopédie Dento Maxillo-Faciale - Paris V

*Je te remercie d'avoir accepté de siéger dans ce jury. Je te témoigne également toute ma gratitude pour ton implication à la fac quand tu étais parmi-nous. Ton enseignement a été très enrichissant. Grâce à toi je me suis lancée dans ce sujet de thèse que tu m'as proposé. J'espère te faire honneur par ce travail. Reçois l'expression de ma sincère amitié et de mon profond respect.*

# Table des matières

<b>Introduction</b> .....	<b>13</b>
<b>1 Rappels : histoires des aligneurs, mode de fabrication, conception et indications</b> .....	<b>14</b>
1.1 Un peu d'histoire .....	14
1.2 Principe, mode de fabrication et conception .....	16
1.3 Les indications des aligneurs .....	18
<b>2 Limites des aligneurs : pourquoi s'intéresser aux auxiliaires</b> .....	<b>19</b>
2.1 Dans la dimension transversale .....	19
2.2 Dans la dimension verticale .....	24
2.2.1.1 Concernant l'égression .....	24
2.2.1.2 Concernant l'ingression .....	25
2.3 Dans la dimension sagittale .....	27
2.4 Autres mouvements dentaires.....	28
2.4.1 Concernant la rotation .....	28
2.4.2 Concernant la fermeture d'espace après extractions.....	30
2.5 Pourquoi les auxiliaires .....	34
<b>3 Intérêt des auxiliaires : étude de cas</b> .....	<b>36</b>
3.1 Dans la dimension transversale .....	36
3.2 Dans la dimension verticale .....	38
3.2.1 Concernant la supraclusion.....	39
3.2.2 Concernant l'infraclusion.....	44
3.3 Dans la dimension antéro-postérieure .....	49
3.3.1 Concernant la classe II.....	50
3.3.1.1 Tractions inter-arcades .....	50
3.3.1.2 Le recul molaire .....	53
3.3.2 Concernant la classe III.....	57
3.3.2.1 Classe 3 non ortho-chirurgicale .....	57
3.3.2.2 Cas d'une classe 3 ortho-chirurgicale .....	57
3.4 Autres mouvements dentaires.....	59
3.4.1 Concernant la rotation .....	59
3.4.2 Concernant la fermeture d'espace après extraction .....	61
3.5 Tableau récapitulatif .....	65
<b>Conclusion</b> .....	<b>66</b>
<b>Références bibliographiques</b> .....	<b>67</b>

## Introduction

La popularité des aligneurs orthodontiques ne cesse d'augmenter au près des patients et également des praticiens depuis quelques années. En effet, cette technique présente une alternative esthétique aux appareils orthodontiques conventionnels fixes(1). Depuis leur introduction, ces systèmes n'ont cessé d'évoluer dans le but d'améliorer l'alignement et l'occlusion des dents. De nombreuses recherches ont amené à l'évolution de cette technique notamment par l'utilisation de nouveaux matériaux et l'amélioration des attaches collées aux dents (dits « taquets »)(2). Les mouvements dentaires se révèlent ainsi mieux contrôlés.

Cependant, malgré plus de 15 ans de disponibilité commerciale, de développement et de modifications continues, il existe très peu de recherche clinique sur la manière dont ces appareils atteignent leurs résultats.

Après un rapide rappel sur quelques généralités des aligneurs, nous nous intéresserons à ce que dit la littérature et quelles sont les limites de ces traitements. Nous comprendrons ainsi quel est l'intérêt des auxiliaires et nous étayerons notre propos dans une dernière partie illustrée par des cas cliniques.

Ce travail de thèse se veut étudier l'ensemble des différents systèmes d'aligneurs. Cependant la majorité des études et des revues de la littérature trouvées font référence à Invisalign®, système que nous énoncerons donc en majorité. D'autre part, l'ensemble des informations recueillies dans ce document se base sur des données datant de 1945 à 2019. Au vu de l'évolution rapide de ces systèmes, des études ultérieures devront par conséquent être réalisées afin de permettre la mise à jour de ces connaissances.

# **1 Rappels : histoires des aligneurs, mode de fabrication, conception et indications**

## **1.1 Un peu d'histoire**

Dans les années 1940, Kesling est le premier à émettre l'idée selon laquelle l'utilisation d'une gouttière permettrait de réaliser des déplacements dentaires. Il fabrique un appareil en caoutchouc destiné à affiner les dernières étapes du traitement orthodontique puis à servir de dispositif de contention. Cet appareil en caoutchouc, appelé « positionneur » est conçu à partir d'un set-up où les dents sont placées dans la position souhaitée à l'aide de cire de laboratoire.

Kesling propose cette option pour des mouvements dentaires mineurs. Il reconnaît les limites de cette technique mais il envisage cependant la réalisation de mouvements de plus grande ampleur : « Des mouvements dentaires importants pourraient être accomplis avec une série de positionneurs en changeant légèrement et progressivement la position des dents sur le set-up au fur et à mesure que le traitement progresse. Actuellement, ce type de traitement ne semble pas être réalisable. Cela reste toutefois une possibilité et la technique pourrait être développée à l'avenir »(3).

En 1964, Nahoum publie un article dans lequel il décrit un appareil formé sous vide à partir d'un set up : « vacuum formed dental contour appliance » qu'il utilise pour traiter des malocclusions plus importantes, comme des fermetures d'espace ou de légères rotations. Il limite le plus souvent les indications aux secteurs antérieurs. Nahoum emploie déjà des auxiliaires comme des élastiques ou des forces extra-orales, ainsi que des attachements comme des crochets soudés ou collés à l'appareil(4).

Trente ans après la première idée émise par Kesling, Ponitz (1971) introduit un dispositif similaire appelé « Invisible Retainer ». Il est réalisé à partir d'un maître modèle sur lequel les dents sont pré-positionnées de façon idéale. Le plastique est ensuite thermoformé sous vide et sous pression sur le modèle. Cet appareil produit

des mouvements dentaires limités et obtient ses résultats, tout comme l'appareil de Kesling, grâce au basculement des couronnes(5).

Dans les années 1990, Sheridan décrit une technique utilisant les aligneurs en association avec des réductions amélaire interproximales (RIP). Le principe reste le même que ses prédécesseurs : de faibles mouvements dentaires sont réalisés à partir d'aligneurs individuels. Il utilise des gouttières Essix® constituant à la fois un dispositif de contention et un appareil orthodontique actif. Cette technique se base sur la proposition de Kesling selon laquelle chaque mouvement dentaire nécessite une nouvelle empreinte pour réaliser un nouveau set-up puis une nouvelle gouttière. La mise en œuvre est donc fastidieuse et nécessite beaucoup de travail à la fois au fauteuil et au laboratoire.

Align technology lance son système Invisalign® en 1999. Il s'agit alors du premier appareil orthodontique à utiliser la conception assistée par ordinateur (CAO) et la fabrication assistée par ordinateur (FAO). Au lieu de nécessiter une nouvelle empreinte pour chaque mouvement de dent, cette technologie permet de créer plusieurs montages de dents à partir d'une seule empreinte(6). L'avènement de ce procédé numérique permet de contourner les obstacles des systèmes d'alignement précédents et de faire du concept de Kesling une réalité. D'autres systèmes d'alignement utilisent aujourd'hui des principes similaires pour obtenir leurs résultats, tous ces appareils évoluant au fil du temps. Orthocaps, par exemple, est un système basé sur le port de gouttières souples et rigides en alternance appelées : Twin Aligners System®. Il a été créé en 2006, notamment grâce à la contribution de l'orthodontiste Wajeeh Khan.

Aujourd'hui, le nombre de sociétés proposant la fabrication d'aligneurs est en constante augmentation.

Le tableau ci-dessous est une liste non exhaustive des systèmes d'aligneurs existant actuellement sur le marché.

**Tableau 1 : Multiples systèmes d'aligneurs**

<b>Nom du système</b>	<b>Site Web</b>
AirNivol®	<a href="http://www.airnivol.com">www.airnivol.com</a>
Clear Aligner®	<a href="http://www.ca-clear-aligner.com">www.ca-clear-aligner.com</a>
ClearStep®	<a href="http://www..crescentdental.co.uk">www..crescentdental.co.uk</a>
Dentosmile aligner®	<a href="http://www.biotech-dental.com">www.biotech-dental.com</a>
Ealigner®	<a href="http://www.ealigner.com">www.ealigner.com</a>
Essix®	<a href="http://www.essix.com">www.essix.com</a>
Essix PLUS®	<a href="http://www.essix.com">www.essix.com</a>
Franksmile®	<a href="http://www.franksmile.fr">www.franksmile.fr</a>
Harmonieschiene®	<a href="http://www.harmonieschiene.de">www.harmonieschiene.de</a>
Invisalign®	<a href="http://www.invisalign.fr">www.invisalign.fr</a>
Originator®	<a href="http://www.tportho.com">www.tportho.com</a>
Orthocaps®	<a href="http://www.orthocaps.fr">www.orthocaps.fr</a>
Simpli5®	<a href="http://www.ormco.com">www.ormco.com</a>
Smilers®	<a href="http://www.smilers.com">www.smilers.com</a>

## **1.2 Principe, mode de fabrication et conception**

Les aligneurs représentent un nouveau type de traitement orthodontique se voulant invisible et confortable pour les patients. Ils sont constitués de plastique fin et transparent qui s'adapte sur les surfaces vestibulaire, linguale (palatine) et occlusale des dents.

Ils doivent être portés 20 à 22h par jour et changés toutes les unes ou deux semaines en fonction du plan de traitement. Chaque aligneur est destiné à engendrer un mouvement dentaire d'environ 0,25 à 0,3mm(7). La durée de port de chaque gouttière varie selon le système utilisé (généralement entre 1 et 3 semaines). Le système Orthocaps® propose deux types de gouttières, une plus fine et plus souple à porter le jour et une plus épaisse et plus rigide à porter la nuit.

La réalisation d'un bilan orthodontique précis et rigoureux reste indispensable en amont de ce type de traitement. La même évaluation, le même diagnostic et la même planification de traitement sont entrepris pour les traitements par aligneurs comme



pour l'orthodontie conventionnelle. Ainsi seront réalisés de façon générale photos, moulages d'étude, radiographies panoramique et céphalométrique. Les empreintes avant traitement destinées à la fabrication assistée par ordinateur des gouttières peuvent être réalisées soit à l'aide d'un matériau en silicone polyvinylique et d'un porte empreinte soit grâce à une empreinte optique. La planification des mouvements orthodontiques peut ensuite être réalisée à travers les logiciels proposés selon les systèmes (par exemple le ClinCheck® pour Invisalign®). Les praticiens peuvent ainsi demander des modifications à ce moment-là, mais une fois que les aligneurs sont fabriqués, ils ne peuvent plus modifier l'appareil pendant le traitement. S'en suit donc la réalisation des aligneurs en matériaux thermoplastiques, la livraison en cabinet et la pose par le praticien. Le système Orthocaps® propose d'effectuer une réévaluation en milieu de traitement avant de lancer la fabrication de nouvelles gouttières.

Chaque système d'aligneurs possède ses propres moyens afin de faciliter les déplacements dentaires tels que les taquets/attaches. Ceux-ci permettent en effet de contrôler différents mouvements tels que les rotations, l'axe dentaire lors d'une fermeture d'espace, etc... Chez Invisalign® par exemple, les taquets dits « optimisés » (Fig 1) sont réalisés en bouche avec un composite photopolymérisable grâce à une gouttière de transfert spécifique nommée « Template ». La forme et la taille de ces attaches varient en fonction du mouvement dentaire souhaité.

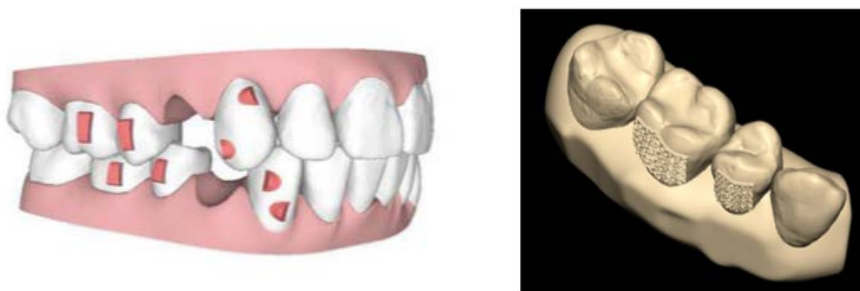


Figure 1 : taquets Invisalign à gauche(8) et patins de frictions chez Orthocaps à droite(9)

Chez Orthocaps, les « patins de friction » (Fig 1) sont utilisés afin d'accroître la friction entre la face interne de l'aligneur et la dent. Ils se composent d'une surface texturée(9).

### **1.3 Les indications des aligneurs**

Joffe expose en 2003 un ensemble d'indications et de contre-indications pour les traitements orthodontiques réalisés par aligneurs(7). Ainsi, il retient quelques malocclusions éligibles au traitement par Invisalign :

- Encombrement léger à modéré (1-5mm)
- Espaces de 1-5mm
- Supraclusion pouvant être réduite par ingression et version incisive
- Arcade légèrement étroite

D'autres situations se révèlent plus difficiles à gérer :

- Encombrement et espacement supérieur à 5mm
- Anomalies antéro-postérieures squelettiques de plus de 2mm
- Rotations sévères (plus de 20 degrés)
- Béances importantes
- Egression dentaire
- Dents sévèrement inclinées (supérieur à 45 degrés)
- Couronnes cliniques courtes
- Arcades avec de nombreuses dents manquantes

Ces recommandations se basent sur l'expérience propre de l'auteur. Il est donc difficile d'en retenir une généralité. De plus, cet article a été réalisé dans les débuts de l'utilisation de ces techniques et pour un seul système (Invisalign®).

En 2005, Melkos reconnaît que le traitement par aligneur est plus indiqué pour des cas simples à modérés sans extraction plutôt que pour des cas avec extractions(10). C'est une indication générale approuvée par plusieurs auteurs(11). Cependant aujourd'hui, il ne semble exister aucun consensus dans la littérature sur les indications précises des aligneurs. Aucune recommandation claire les concernant ne peut être réalisée à partir de preuves scientifiques de haut grade (11). Toutefois, nous pouvons admettre que les recherches, depuis les travaux de de Joffe(7), ne cessent d'évoluer et que les matériaux deviennent de plus en plus performants. Les aligneurs se voient donc ouvrir un champ d'indications de plus en plus large.

## **2 Limites des aligneurs : pourquoi s'intéresser aux auxiliaires**

La popularité des gouttières d'alignement ne cesse d'augmenter chez les patients souhaitant un traitement d'orthodontie dit « invisible ». Cependant, la question sur l'efficacité réelle de ces traitements demeure. Selon un des systèmes les plus en vogue et leader du marché mondial, Invisalign® d'Align Technology, seulement 20% à 30% des patients traités avec ces gouttières nécessiteraient une réévaluation en milieu de traitement appelé « correction midcourse » ou en fin de traitement dit « refinement » afin d'atteindre les objectifs de prétraitement. Néanmoins, de nombreux orthodontistes indiquent que 70% à 80% de leurs patients traités par Invisalign® nécessitent des corrections en cours de traitement ainsi que des étapes supplémentaires voire le passage à des attaches fixes avant la fin du traitement(12,13).

Bien que les aligneurs deviennent de plus en plus performants nous sommes donc amenés à réfléchir dans quelles situations pouvons-nous les utiliser et quelle efficacité réelle devons-nous en attendre. L'ensemble des mouvements dentaires sont-ils réalisables seulement avec les aligneurs ?

### **2.1 Dans la dimension transversale**

Mendoza et al(14) ont réalisé une étude en 2015 visant à déterminer l'existence de différences statistiquement significatives entre l'expansion planifiée avec le ClinCheck® et la quantification clinique réelle. Un échantillon de 116 patients nécessitant une expansion et traité par Invisalign® a ainsi été étudié.

Les variables ont été mesurées en T1 et T2 sur les modèles 3D et le ClinCheck® au maxillaire entre les collets et les pointes cuspidiennes des dents antagonistes (Fig 2). La profondeur d'arcade a également été étudiée.

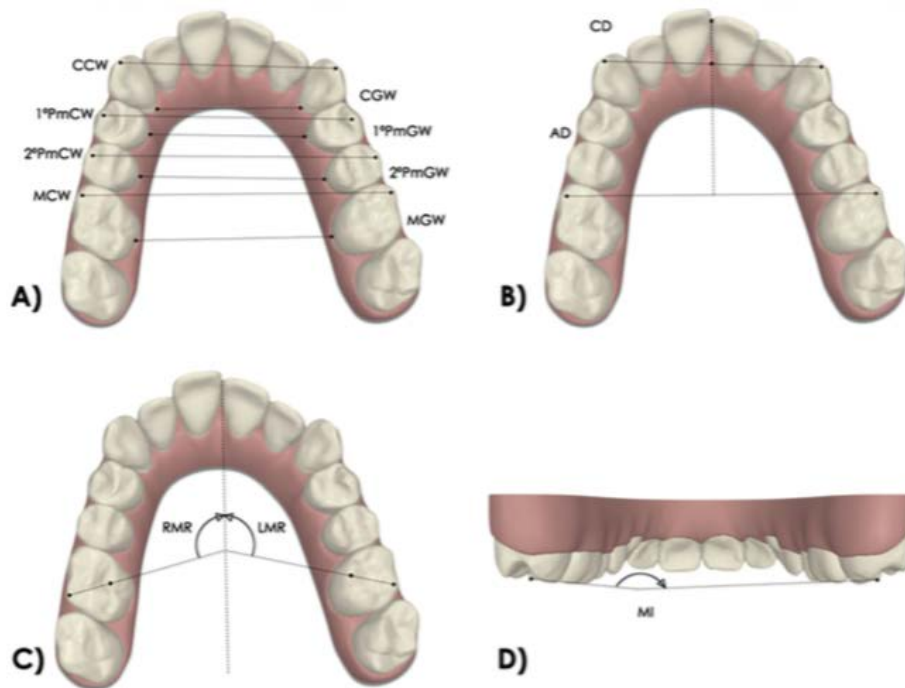


Figure 2 : variables mesurées à T1 et T2(14)

Des différences statistiquement significatives ont été observées lorsque le modèle 3D final et le ClinCheck® ont été comparés à T2 pour la majorité des distances entre les collets et des distances intercuspidiennes.

**Ces différences entre le modèle 3D et le ClinCheck® à T2 ont donc montré que l'expansion prévue à la fin du traitement n'est pas totalement prédictible.**

Il s'agit de la première étude in vivo chez l'homme à quantifier la prédictibilité de l'expansion chez des patients traités par Invisalign® avec le matériau « Ex30 ».

Bien que l'article nous montre que la prédictibilité de l'expansion par Invisalign® est difficile, il faut garder à l'esprit que cette étude a été réalisée en utilisant une ancienne version de ce système, le matériau « Ex30 ».

Une étude rétrospective en 2017 réalisée par Houle et al(15) avait pour objectif d'étudier la prédictibilité de l'expansion des arcades dentaires avec Invisalign®. Soixante-quatre patients adultes ont été sélectionnés pour participer à cette étude. Une population adulte a été choisie pour participer à cette étude afin d'éviter tout biais lié à la croissance transversale normale des mâchoires. Comme indiqué par Bishara et al.(16), le praticien ne doit pas s'attendre à un changement de largeur de l'arcade lorsque l'éruption de la dentition permanente est déjà terminée.

Les modèles numériques pré et post-traitement créés à partir d'un scan iTero ont été obtenus auprès d'un seul praticien orthodontiste. Des modèles numériques du ClinCheck® ont également été obtenus auprès d'Align Technology. Les distances intercuspidiennes et inter-collets des arcades maxillaire et mandibulaire ont été mesurées pour les canines, les prémolaires et les premières molaires.

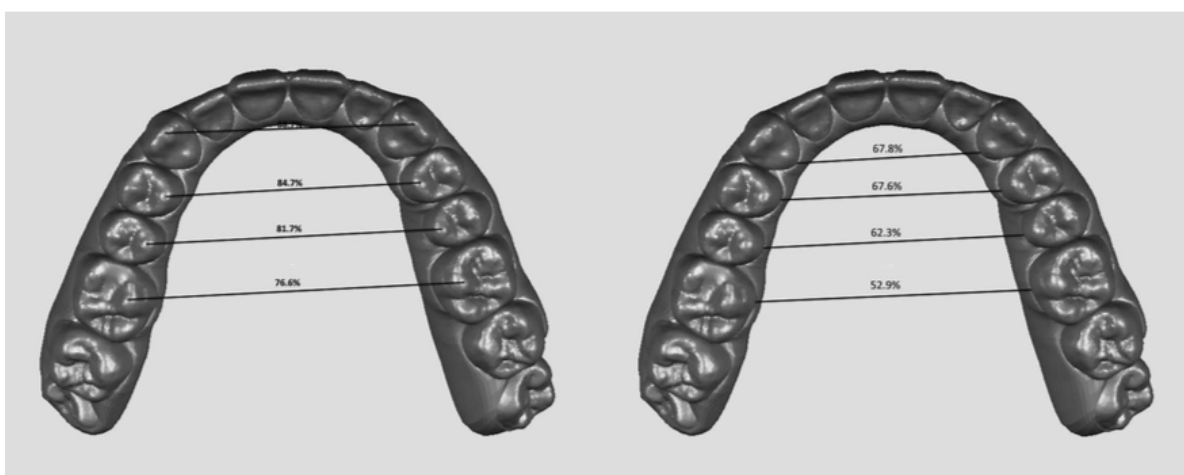


Figure 3 : Repères et pourcentages d'expansion réelle obtenue après traitement par rapport aux résultats prévus par le ClinCheck au maxillaire. A gauche : repères cuspidiens ; à droite : repères gingivaux(15)

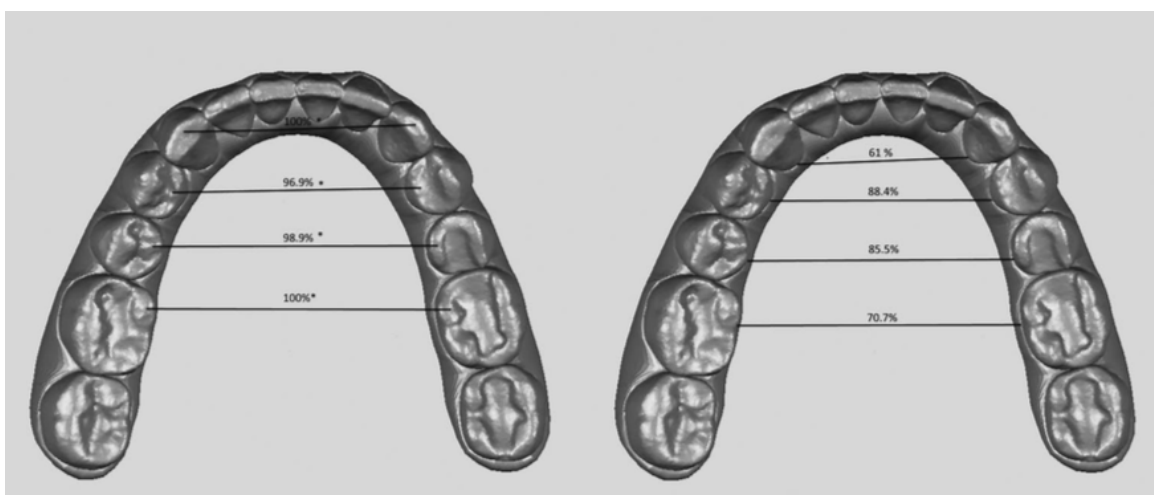


Figure 4 : Repères et pourcentages d'expansion réelle obtenue après traitement par rapport aux résultats prévus par le ClinCheck à la mandibule. A gauche : repères cuspidiens ; à droite : repères gingivaux(15)

Pour chaque mesure maxillaire, il y avait une différence statistiquement significative entre le ClinCheck® et le résultat final, la prédictibilité se détériorant vers la région postérieure de l'arcade (Fig 3). Pour les mesures de l'arcade mandibulaire au niveau de la gencive marginale, il existait une différence statistiquement significative entre l'expansion prévue du ClinCheck® et le résultat final (Fig 4).

Cependant, les points mesurés aux extrémités des cuspides des dents de l'arcade inférieure montraient des différences non statistiquement significatives entre la prédiction du ClinCheck® et le résultat final.

La concordance entre Clincheck® et le modèle scanné était de 72,8% au maxillaire et de 87,7% à la mandibule.

**Nous observons donc que le mouvement d'expansion ne s'exprime pas totalement avec une perte de l'expression de l'information lors des mouvements d'expansion.**

La cohorte est constituée de patients adultes. Il serait intéressant de réaliser cette étude chez un échantillon constitué de patients possédant une croissance résiduelle afin d'évaluer le taux d'expansion réel obtenu avec les aligneurs.

En 2019, les auteurs Zhou et al ont publié un article visant à évaluer l'efficacité de l'expansion maxillaire et le type de mouvement obtenu réalisé à l'aide d'aligneurs(17). Les largeurs interdentaires aux stades T0 et T1 ont été ainsi enregistrées (Fig 5). Afin d'évaluer le mouvement de version corono-vestibulaire des premières molaires molaires maxillaires des mesures ont été réalisées sur le fichier DICOM du CBCT aux stades T0 et T1 (Fig 6).

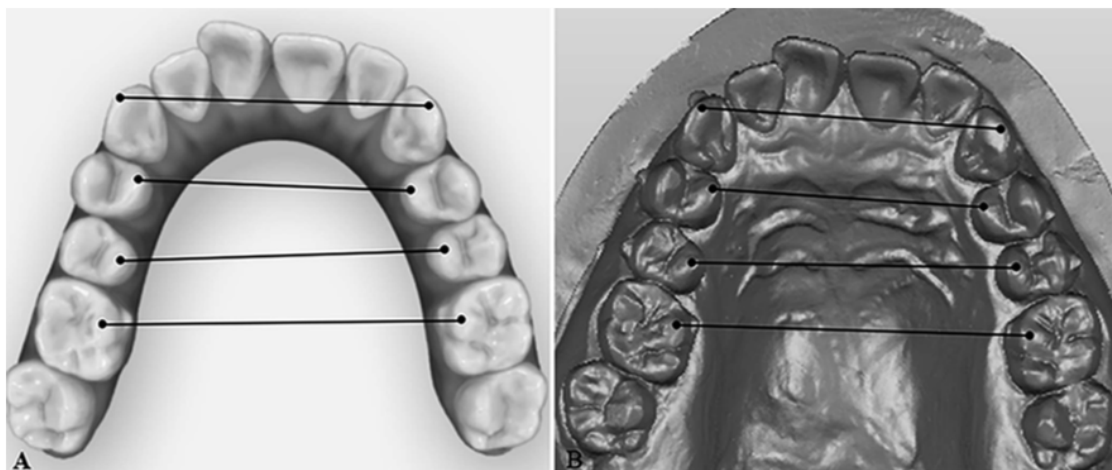


Figure 5 : Mesures linéaires de largeurs inter-dentaires(17)

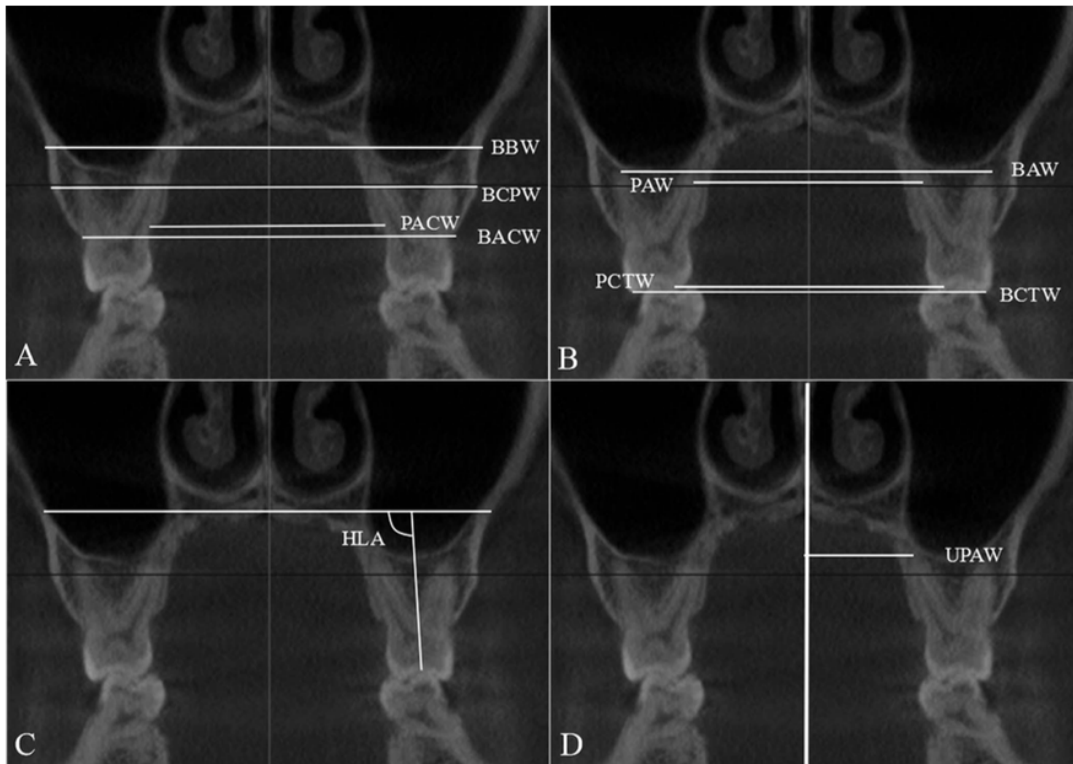


Figure 6 : Mesures sur imagerie 3D (CBCT) A : profondeur de l'os maxillaire et profondeur alvéolaire B : profondeur de l'arcade maxillaire C : version des 1eres molaires maxillaires D : profondeur unilatérale de l'arcade maxillaire(17)

Les résultats de cette étude correspondent avec ceux de Houle et al(15) selon lesquels il existe une perte d'information entre les valeurs d'expansion du ClinCheck® initial et le résultat réel final.

L'idée principale qui semble donc ressortir de la littérature est la suivante : **au-delà de 2mm les aligneurs ne permettent pas réellement de réaliser de l'expansion transversale, mais surtout de la vestibulo-version.** Suivant cette idée il serait donc judicieux d'envisager, en amont des techniques par aligneurs, une thérapeutique d'expansion type disjoncteur selon l'indication posée pour anticiper cette perte d'information.

## **2.2 Dans la dimension verticale**

### **2.2.1.1 Concernant l'égression**

En 2003, d'après Joffe(7), un contrôle limité du déplacement dentaire est observé pour l'égression. Comme nous l'avons vu précédemment, cet article fait appel à l'expérience propre de l'auteur et a été réalisé dans les débuts de l'utilisation des aligneurs. Nous ne pouvons donc pas en tirer des conclusions précises.

Dans une étude clinique prospective en 2009 réalisée par Kravitz pour évaluer l'efficacité des mouvements dentaires avec Invisalign®(13), l'égression se révèle être le mouvement le moins précis avec une **précision moyenne de 29,6%**, en particulier pour les incisives maxillaires et mandibulaires (18.3% et 24,5% de précision moyenne respectivement). Ce mouvement nécessite des attachements, des auxiliaires et des surcorrections afin d'obtenir de bons résultats. L'échantillon de l'étude comprenait 37 patients traités par Invisalign® au niveau de la région antérieure maxillaire et mandibulaire. Le modèle théorique final (ClinCheck®) a été superposé au modèle réel obtenu (empreinte numérique en fin de traitement). La quantité de mouvement dentaire prévue a donc été comparée à celle obtenue après traitement.

Dans une revue systématique en 2015, Rossini et al(18) confirment de par leur analyse de la littérature que les aligneurs ne sont pas efficaces pour contrôler le mouvement d'égression antérieur. Ils conseillent ainsi de limiter les mouvements d'égression à **2mm**. Ils ont trouvé des résultats contrastés par rapport au contrôle vertical postérieur et ne tirent donc aucune conclusion définitive.

En 2017, Moshiri et al publient une étude prospective visant à évaluer, au moyen d'une analyse céphalométrique, les effets verticaux des aligneurs dans le traitement des infraclusions antérieures chez l'adulte(19). Des tracés céphalométriques ont été réalisés avant et après le traitement Invisalign® de 30 patients adultes. Leur analyse révèle une ingression molaire en moyenne de 1 mm (demandée dans le ClinCheck), une égression incisive en moyenne de 3 mm et une rotation anti-horaire aboutissant à un recouvrement correct à la fin du traitement.



Les auteurs déduisent que le système Invisalign® est une modalité thérapeutique qui peut être utilisée **efficacement** dans le traitement de **béances légères sans extraction** chez les patients adultes. Ils ajoutent que la fermeture de cette infraclusion est principalement obtenue par une combinaison de rotation dans le sens antihoraire du plan mandibulaire, d'une ingressio molaire inférieure et d'une égression incisive inférieure. Les auteurs admettent que des élastiques verticaux peuvent également jouer un rôle quant aux résultats obtenus chez les patients.

*Remarque :* Boyd et Boyd et al(20) ont rapporté qu'Invisalign® pouvait présenter des avantages pour la correction d'une légère béance antérieure en raison de l'effet ingressif sur les dents postérieures dû à la double épaisseur des gouttières d'alignement.

Le mouvement d'égression est un mouvement compliqué à obtenir. Des surcorrections cliniques sont nécessaires et l'adjonction d'auxiliaires doit être envisagée. Cependant, le nouveau protocole d'Invisalign® semble pouvoir traiter efficacement de faibles béances(19). Une fois de plus nous constatons que la littérature à ce sujet reste peu abondante. D'autres études devraient être réalisées afin d'étayer ces propos.

### **2.2.1.2 Concernant l'ingression**

Dans l'étude de Kravitz(13) énoncée précédemment, la précision moyenne de l'intrusion de la dent antérieure n'était que de **41,3%**. La plus grande précision d'ingression a été obtenue par les incisives centrales maxillaires (44,7%) et mandibulaires (46,6%). Les incisives latérales maxillaires avaient la plus faible précision d'ingression, ce qui résulterait probablement d'un mauvais suivi de la canine adjacente. Une moyenne de **0,72 mm** d'ingression au maxillaire et à la mandibule semblait être prévisible selon l'auteur.

Les auteurs concluent que bien qu'une amélioration de la supraclusion antérieure ait été rapportée, **une correction significative d'une supraclusion sévère avec Invisalign semble peu probable(13).**

Krieger et al. s'intéressent en 2011 à la précision des traitements Invisalign® dans la région de la dent antérieure(21). Le but de cette étude était d'analyser la corrélation entre le modèle de prétraitement au départ (T1) et le ClinCheck® initial et le degré de corrélation entre le ClinCheck® final et le résultat thérapeutique réel (post-traitement) après traitement (T2) (Fig 7). Trois paramètres de la région antérieure, le surplomb, le recouvrement et le décalage des centres inter-incisifs (maxillaire comparé à la mandibule) ont été examinés.

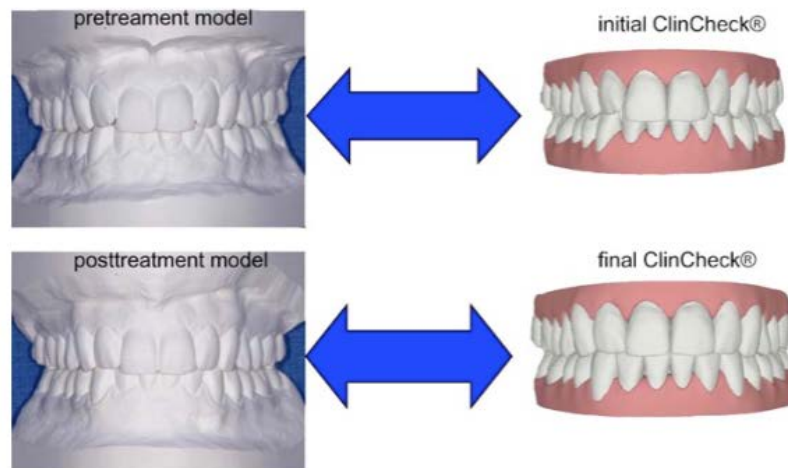


Figure 7 : comparaison du modèle prétraitement et du ClinCheck initial à T1 et du modèle final post-traitement avec le ClinCheck final à T2(21)

Les corrections dentaires dans la dimension verticale étaient les plus difficiles à réaliser. **La concordance entre les résultats de traitement prévus et réels était de 14,3%**. Les auteurs suggèrent donc un examen plus critique de la supraclusion lors de la planification des mouvements dentaires dans la dimension verticale. Des surcorrections devraient être apportées au début du traitement afin d'atteindre les objectifs thérapeutiques escomptés. Cependant, cela entraînerait des temps de traitement plus longs et davantage d'aligneurs. Des auxiliaires supplémentaires (par exemple, attaches biseautées horizontales ou élastiques verticaux) semblent donc utiles afin d'atteindre l'objectif thérapeutique visé.

Les résultats précédents correspondent aux recherches de Grünheid et al. qui, en 2017, appuient sur **l'insatisfaction des mouvement d'ingression pure** avec les aligneurs(22).

En ce qui concerne la correction d'une supraclusions sévère soit par une égression postérieure et/ou ingression antérieure, la littérature semble recommander

Invisalign® uniquement pour traiter les malocclusions simples avec de faibles supraclusions.

Cependant, récemment Align Technology a présenté Invisalign® G5 avec des attachements optimisés et des rampes de précision (precision bite ramps) afin d'améliorer la correction des supraclusions sévères(8). Cette innovation est récente et ne semble pas encore faire l'objet d'une étude. Par conséquent, son effet sur le traitement des supraclusions est inconnu. De nouvelles études sont donc attendues.

### **2.3 Dans la dimension sagittale**

Lors du traitement d'une anomalie de la dimension sagittale, en fonction du diagnostic effectué, il est possible de réaliser une distalisation des dents d'une arcade afin de corriger ce décalage. Ainsi, la distalisation des molaires maxillaires peut être une solution thérapeutique afin de corriger un décalage alvéolo-dentaire sans conséquence squelettique (23).

Les aligneurs proposent une distalisation sectorielle, dent par dent, des molaires jusqu'aux canines suivi par la rétraction des incisives. Selon la société Align Technology, une distalisation de 2mm peut être obtenue avec une bonne prédictibilité. Au-delà de 4mm le mouvement devient complexe(8).

Castroflorio et Garino, ont réalisé en 2016 une étude rétrospective avec Ravera et al afin d'apprécier les mouvements réels par translation pure lors de la distalisation molaire par aligneurs(24). Les auteurs concluent que **les aligneurs Invisalign® sont efficaces pour distaliser les molaires maxillaires jusqu'à 2-3mm en évitant les mouvements indésirables de versions mésio-distales de ces dernières.**

Dans un autre travail de Simon et al.(25), la distalisation molaire avec des aligneurs a révélé une **précision de 87%**, confirmant une bonne performance de l'appareil lorsqu'une **distalisation maximale de 3 mm** était demandée.

En 2017, les travaux de Gu et al(26) rejoignent ceux de Clements(27) et Djeu(28) concernant la dimension antéro-postérieure en fin de traitement avec l'utilisation des aligneurs. Selon eux, des **appareils auxiliaires** devraient être utilisés

afin de pallier le déficit de correction antéropostérieur et le surplomb lié au traitement par Invisalign®.

Différentes possibilités de traitement existent pour la correction des malocclusions de classe II (avancé d'une arcade, recul molaire, combinaison des deux). Concernant le recul molaire, il semble ressortir de notre analyse de la littérature **une limite du mouvement à partir de 2-3mm.** L'intérêt de l'utilisation d'appareils auxiliaires apparaît alors.

## **2.4 Autres mouvements dentaires**

### **2.4.1 Concernant la rotation**

En 2003, d'après Joffe (7), un contrôle limité du déplacement dentaire est observé pour la correction de rotations importantes.

Kravitz et al. ont examiné dans le cadre d'une étude prospective, en 2009, les dérotations de canines effectuées chez trente-sept patients(13). Ils sont arrivés à une **efficacité moyenne de 32,2 %** pour les dérotations maxillaires et de **29,1 %** pour les canines mandibulaires. La précision de la dérotation canine était significativement inférieure à celle de toutes les autres dents, à l'exception des incisives latérales maxillaires. Les dérotations d'incisives centrales maxillaires présentaient de meilleurs résultats, avec une efficacité moyenne de 54%. La précision de la dérotation des canines maxillaires et mandibulaires a ensuite été évaluée après séparation de l'échantillon en 2 groupes : les dérotations prévues inférieures à 15 ° et les dérotations prévues supérieures à 15 °. **Pour des mouvements de dérotation supérieurs à 15° la précision pour les canines maxillaires était considérablement réduite.**



Figure 8 : Surcorrection nécessaire de la rotation en plus de l'utilisation éventuelle d'auxiliaires(13)

Il a été plus difficile de corriger les rotations des dents à couronnes arrondies telles que les canines et les prémolaires. Les auteurs suggèrent de réaliser une surcorrection ainsi que l'éventuelle utilisation d'auxiliaires afin d'obtenir le résultat souhaité (Fig 8).

Les résultats d'une autre étude de Simon et al sur les dérotations indiquent, par ailleurs, que **le traitement est plus efficace si le mouvement à effectuer n'excède pas 1,5 degrés par gouttière**. Il a été constaté, sur ce point, que dépasser cette valeur se traduisait par une efficacité de seulement 23% contre 41,8% dans le cas où elle était respectée.

En 2017, Lombardo et al réalisent une étude afin d'évaluer la prédictibilité des aligneurs F22 (appareils fabriqués en Italie) pour guider les dents dans les positions prévues en utilisant un set-up orthodontique numérique(29).

Ils ont constaté que les mouvements de rotation, en particulier pour les dents arrondies telles que les canines et prémolaires, étaient difficiles à obtenir avec les aligneurs. Ils confirment ainsi les résultats des études précédentes.

De plus, sur le site internet de F22 aligner, nous pouvons lire les quelques lignes suivantes :

« • il est impossible de soigner des rotations sévères par un aligneur ; »

« • il peut être opportun d'utiliser des auxiliaires et des appareils supplémentaires à associer aux aligneurs : boutons, élastiques, attachements, divots ou autres simples dispositifs. »

Il faut noter qu'il est possible d'obtenir une plus grande précision de dérotation canine en réalisant une réduction interproximale (IPR), mais cette précision ne s'améliore que de 7% (43 contre 36%)(2). De plus, les traitements nécessitant des dérotations ne demandent pas obligatoirement de réduction amélaire. Il paraît donc incongru d'utiliser cette procédure dans les cas où le stripping s'avère être inutile.

Au travers la littérature, on remarque que la précision du mouvement de dérotation est fonction de la quantité de **rotation initiale** de la dent concernée et de l'**anatomie** de cette dernière(25,30) avec une **prédictibilité souvent inférieure à 50%**. L'adjonction d'auxiliaires tels que des boutons et élastiques permettant d'augmenter la prédictibilité des dérotations semble donc pertinent.

#### 2.4.2 Concernant la fermeture d'espace après extractions

En 2003, Joffe admet déjà un contrôle limité des mouvements radiculaires comme le parallélisme des racines et le redressement des axes dentaires (7). Cependant ce constat provient de l'expérience clinique propre de l'auteur. Nous pouvons donc penser que cela n'est pas suffisant pour pouvoir affirmer l'impossibilité du contrôle radiculaire avec les aligneurs. De plus, il reconnaît que de futures recherches n'excluent pas la création de nouveaux taquets améliorant le contrôle des mouvements.

Toutefois, ses propos sont à nouveau appuyés en 2007 par Phan et Ling(31) qui déclarent que les patients nécessitant des extractions de prémolaires ne peuvent pas être candidats au traitement avec les aligneurs de chez Invisalign®. Ils expliquent que l'appareil ne peut pas garder les dents en position verticale pendant la fermeture de l'espace (Fig 9).



Figure 9 : Fermeture d'espace par aligneurs avec version excessive des dents adjacentes aux sites d'extraction(31)

Le cas clinique présenté ci-dessous expose une malocclusion de classe II avec un encombrement maxillaire et mandibulaire sévère nécessitant l'extraction de deux prémolaires maxillaires (32) (Fig 10). La patiente a été traitée avec Invisalign et présente en fin de traitement une version importante des dents bordant les extractions (Fig 11) ainsi que des axes radiculaires non contrôlés visibles sur la radiographie panoramique (Fig12).



Figure 10 : Photos endobuccales et radiographies avant traitement(32)



Figure 11 : Photos endobuccales et radiographies après traitement(32)

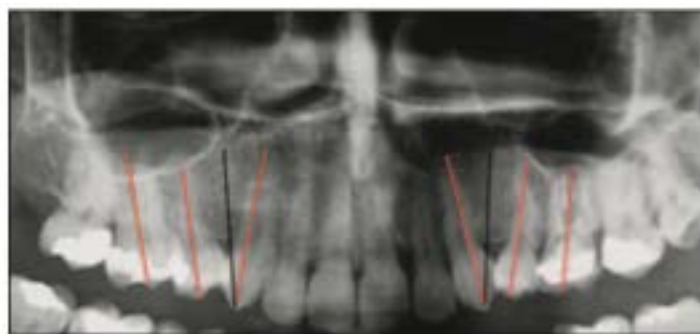


Figure 12 : Radiographie panoramique et axes radiculaires incorrects(32)



Bollen et al(33) ont également reporté un basculement excessif autour des sites d'extraction des prémolaires. Ils ont découvert que 29% seulement des personnes dont deux ou plusieurs prémolaires avaient été extraites étaient capables de terminer la fermeture de l'espace avec les premiers aligneurs ; aucun n'a terminé le traitement global.

Miller et al, dans leur étude de cas sur l'extraction des incisives inférieures, ont découvert des basculements excessifs similaires autour des sites d'extraction à l'aide de radiographies panoramiques.

Baldwin et al réalisèrent une étude cherchant à décrire le mouvement des dents adjacentes aux sites d'extractions de prémolaires au cours de la fermeture d'espace lors du traitement orthodontique par aligneurs(34). Les moulages dentaires et les radiographies panoramiques (Fig 13) de 24 patients ont été analysés afin de mesurer la version des dents adjacentes à l'extraction à trois moments différents : situation initiale (T0), fin du traitement par aligneur (T2), fin du traitement par appareil conventionnel fixe le cas échéant (T3). Les auteurs remarquent que le traitement par aligneurs a entraîné un basculement important des dents adjacentes aux sites d'extraction des prémolaires. Lorsqu'elles étaient suivies d'appareils fixes, ces dents étaient nettement redressées. **Ils concluent donc qu'une version dentaire survient lors du traitement avec extraction de prémolaires mais qu'elle peut être corrigée grâce au appareils conventionnels fixes.**

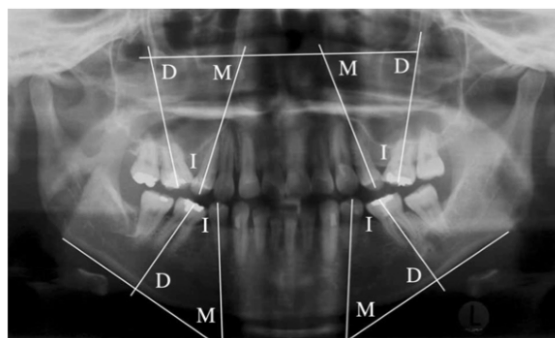


Figure 13 : angles mesurés sur la radiographie panoramique : I : angle interdentaire ; D : angle distal ; M : angle mésial(34)

La littérature semble donc s'accorder à dire que lors de la fermeture d'un espace consécutif à une extraction, comparativement aux appareils multi-attaches, les mouvements orthodontiques effectués par les aligneurs sont essentiellement des **mouvements de versions**(13,34). Ceux de translation étant plus difficiles à obtenir,

les résultats de fermeture d'espace sont donc incertains. C'est pourquoi certaines études cliniques préconisent d'opter pour un traitement combiné (aligneurs et appareil multi-attaches) ou bien pour l'utilisation d'auxiliaires tels que les power-arms.

## 2.5 Pourquoi les auxiliaires

La société d'Invisalign® a mis en place un code couleur permettant d'évaluer la difficulté du traitement à effectuer en fonction de la complexité du cas. Le vert souligne des cas simples, le bleu des cas intermédiaires et le noir des cas complexes. Nous avons résumé ces recommandations dans le tableau suivant :

Tableau 2 : Synthèse Invisalign

	<i>Simple</i>	<i>Intermédiaire</i>	<i>Complexe</i>
<b>Béance</b>	Pas d'ingression post Egression ant <2,5mm	Ingression post <1mm Egression ant <2,5mm	Ingression post >1mm Egression ant >2,5mm Chirurgie
<b>Supraclusion</b>	Pas d'égression post Ingression ant <2,5mm	Egression post <1mm Ingression ant 2,5-3mm	Egression post >1mm Ingression ant >3mm Chirurgie
<b>Classe II</b>	Correction A-P <4mm Pas d'extraction de PM Distalisation <2mm Pas de mésialisation	Correction A-P <4mm Pas d'extraction de PM Distalisation 2-4mm Mésialisation <2mm	Correction A-P >4mm Extraction de PM Distalisation >4mm Mésialisation >2mm
<b>Arcades étroites</b>	Arcades en forme d'oméga ou de triangle avec dents inclinées en lingual pouvant subir une expansion Expansion requise <2mm	Arcades en forme d'oméga ou de triangle avec dents inclinées en lingual pouvant subir une expansion Expansion requise 2-4mm	Possibilité de planifier une expansion post faible ou nulle Expansion requise >4mm Chirurgie requise
<b>Articulé inversé (AI) postérieur</b>	Classe I Arcades étroites avec des dents inclinées en lingual 1 seule dent impliquée dans l'AI	Classe I Arcades étroites avec des dents inclinées en lingual 2 dents impliquées dans l'AI	Aucune classe I Possibilité de planifier une expansion post faible ou nulle Plus de 2 dents impliquées dans l'AI
<b>Articulé inversé antérieur</b>	Dents inclinées en lingual pouvant être en vestibuloversion 1 seule dent impliquée dans l'AI	Dents inclinées en lingual pouvant être en vestibuloversion 2 dents impliquées dans l'AI	Possibilité de planifier une expansion ant faible ou nulle Plus de 2 dents impliquées dans l'AI

On observe au travers de ce tableau les limites des aligneurs dans les traitements orthodontiques et on comprend assez facilement l'intérêt des auxiliaires pour palier à ces défaillances tout en essayant de répondre à la demande du patient.

De plus,

- En 2003, Joffe souligne déjà la difficulté de traiter certaines malocclusions par les aligneurs et propose d'entreprendre des traitements combinés. Invisalign® peut être utilisé pour corriger des problèmes jusqu'à un point donné, puis le traitement peut être complété avec des appareils conventionnels (ou inversement)(7).
- En 2005, Timothy Wheeler met également l'accent sur le fait que, même si certains patients peuvent être traités avec des aligneurs uniquement, dans de nombreux cas ils doivent être modifiés ou utilisés en association avec des auxiliaires ou des appareils fixes (complets ou segmentés)(35).
- En 2015, Bowman et al soulignent une meilleure prévisibilité depuis les premières études menées sur les aligneurs. Cependant, ils admettent également que, malgré les avancées technologiques, la nécessité d'une adjonction d'auxiliaires dans certaines situations réside(36).
- Récemment, dans une conférence dédiée aux internes en orthopédie dento-faciale on entendait : « Tout peut être traité par Invisalign mais tout ne peut pas être traité par Invisalign seulement ».
- En 2017, Lombardo et al admettent la nécessité de l'utilisation des auxiliaires, sans lesquels il est difficile d'obtenir les mouvements programmés avec une prédictibilité de 100%.
- Dans la gamme des traitements proposés par Orthocaps on retrouve une gamme spécifique dédié aux traitements dits « hybrides ». Ces traitements englobent à la fois un traitement par aligneurs mais également les auxiliaires associés à ce traitement avant, pendant ou après.

Nous allons donc voir dans le chapitre suivant des exemples de cas cliniques associant aligneurs et auxiliaires afin d'obtenir les résultats et objectifs thérapeutiques escomptés.

### 3 Intérêt des auxiliaires : étude de cas

#### 3.1 Dans la dimension transversale

Le traitement de la dimension transversale est une priorité en orthodontie. Les incoordinations transversales des arcades sont fréquentes et peuvent être la conséquence d'une endoalvéolie (anomalie dento-alvéolaire) ou d'une endognathie (anomalie squelettique de la base osseuse)(37).

Plusieurs situations sont donc possibles lors d'un défaut de la dimension transversale et différentes solutions sont alors envisageables :

- **Endognathie** : cette anomalie squelettique de la base osseuse ne peut pas être corrigée par les aligneurs seuls. Ils doivent être associés à une première phase d'expansion transversale par disjonction (disjoncteur chez l'enfant en cours de croissance ou disjonction assistée chirurgicalement chez l'adulte) (Fig 14). Lorsque cette phase est terminée il est souhaitable de poser une gouttière de stabilisation jusqu'au commencement du traitement par aligneur à proprement parler (Fig 15). Cette gouttière de stabilisation et le disjoncteur peuvent ensuite être déposés lors de la mise en place du premier aligneur.

Remarque : Le disjoncteur peut être usiné en laboratoire afin d'être parfaitement adapté aux surfaces dentaires. Lorsque la disjonction est terminée, les bras latéraux de l'appareil peuvent être déposés afin de permettre la mise en place concomitante du premier aligneur tout en gardant l'ancrage permis par le disjoncteur (Fig 16).

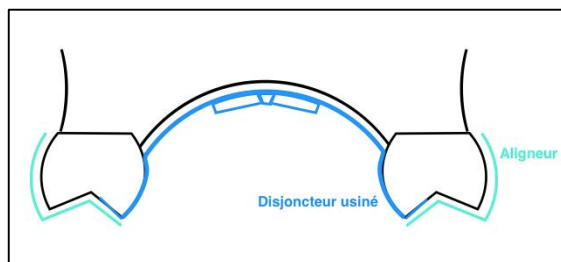


Figure 14 : disjoncteur usiné et aligneur (illustration personnelle)



Figure 15 : Disjoncteur usiné et gouttière de stabilisation (courtoisie Dr Sabouni)



Figure 16 : Bras latéraux du disjoncteur déposés et premier aligneur mis en place (courtoisie Dr Sabouni)

- Lors d'une **endoalvéolie simple** sans articulé inversé : comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, les aligneurs seuls peuvent corriger le défaut par expansion dento-alvéolaire et version coronaire. Si la version est trop importante, l'ajout d'un taquet gingival horizontal et biseau sur la face vestibulaire de la dent est possible afin de mieux contrôler le torque de la dent (Fig 17). Cependant il faut prendre en compte qu'au-delà de 2mm d'expansion, l'effet obtenu est plus proche d'une version que d'une réelle expansion.

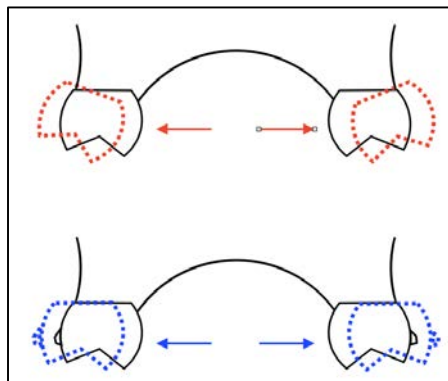


Figure 17 : Expansion sans et avec taquet vestibulaire (illustration personnelle)

- Pour un **articulé inversé** d'un seul côté : la gouttière ne peut pas réaliser l'expansion préférentiellement d'un seul côté. Il est alors nécessaire d'envisager l'utilisation d'élastiques criss-cross du côté de l'articulé inversé et d'ajouter des élastiques verticaux controlatéraux afin d'éviter une bascule du plan d'occlusion ainsi que des mouvements parasites (Fig 18). Il est également conseillé d'ajouter un taquet horizontal biseauté sur la face vestibulaire de la molaire maxillaire pour éviter sa version vestibulaire et un taquet horizontal simple en lingual au niveau de la molaire mandibulaire pour éviter sa version corono-linguale (effets parasites liés à l'utilisation des élastiques).

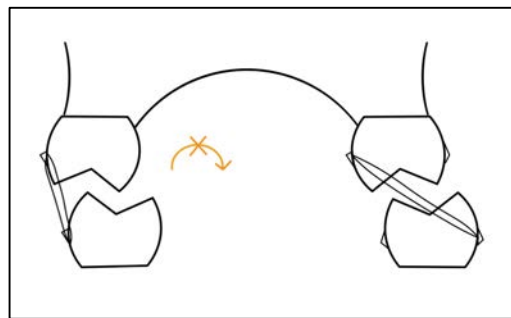


Figure 18 : Criss-cross coté articulé inversé et TIM verticaux côté opposé (illustration personnelle)

Il faut garder à l'esprit que le traitement des anomalies transversales par aligneurs devra, tout comme lors des traitements fixes conventionnels, être accompagné de la correction des dysfonctions oro-faciales et de la suppression des para-fonctions si nécessaire. Il en va de même pour toutes les autres dysmorphoses que nous allons traiter.

### **3.2 Dans la dimension verticale**

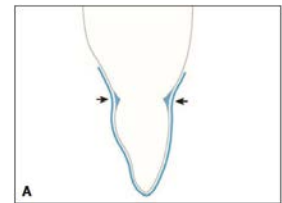
Les anomalies alvéolaires dans la dimension verticale sont le plus souvent décrites par leur conséquence occlusale sur la quantité de recouvrement : **supraclusion** et **infraclusion** désignant l'insuffisance ou l'excès de recouvrement. La participation des procès alvéolaires maxillaire et mandibulaire à cette anomalie du recouvrement doit être recherchée pour la prise en charge thérapeutique.

### 3.2.1 Concernant la supraclusion

Il est important de déterminer si la supraclusion est liée à une supra-alvéolie maxillaire et/ou mandibulaire ou bien à une infra-alvéolie molaire afin de réaliser un plan de traitement adapté à la situation. En effet, si la supraclusion résulte d'une supra-alvéolie maxillaire et/ou mandibulaire, notre attitude thérapeutique visera à ingresser cette région antérieure. A l'opposé, si la supraclusion révèle d'un déficit vertical au niveau de la région postérieure, il faudra alors envisager de réaliser une égression des dents postérieures.

En 2009, Park et al(38) proposent déjà l'utilisation d'élastiques intra-maxillaires associés aux gouttières afin de réaliser des ingressions incisives légères. Leur protocole est le suivant (Fig 19) :

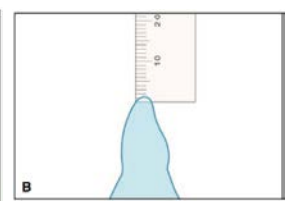
- Comblement des contres dépouilles avant le thermoformage de la gouttière afin de permettre une ingressión plus efficace.



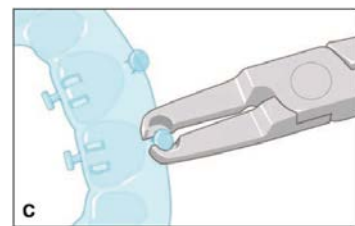
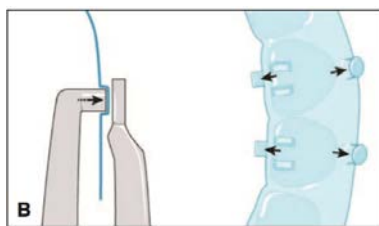
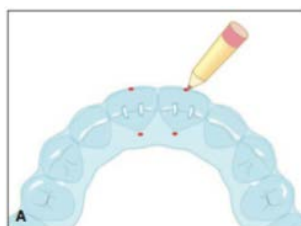
- Une fois la gouttière thermoformée, marquage de repères au niveau des rainures à réaliser pour les élastiques.



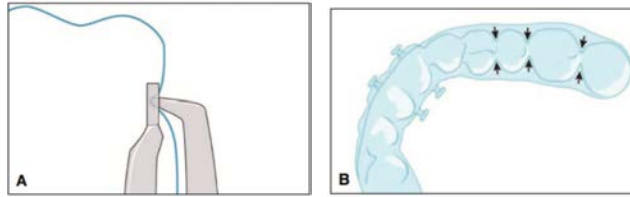
- Réalisation des rainures occlusales et vérification de leur profondeur à la règle.



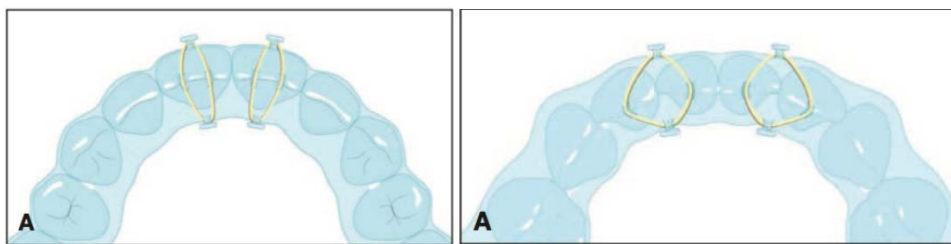
- Réalisation de boutons au niveau des bords gingivaux vestibulaire et palatin de la gouttière pour permettre la mise en place des élastiques des élastiques.



- Réalisation de poinçons au niveau des embrasures des dents postérieures afin d'augmenter la rétention de l'aligneur et d'éviter la désinsertion de la gouttière lors de la mise en place des élastiques.



- Mise en place des élastiques allant des boutons vestibulaires aux boutons palatins en passant par les rainures.



Les auteurs proposent d'augmenter la profondeur des rainures en fonction de la quantité d'ingression souhaitée.

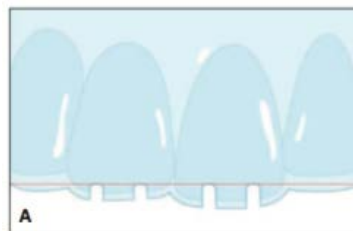


Figure 19 : technique d'ingression avec échancrures au niveau de l'aligneur et élastiques(38)

Il serait intéressant d'évaluer la quantité d'ingression maximale obtenue grâce à ce dispositif. Existe-t-il une limite de profondeur pour le bon fonctionnement de l'appareil ? Bien que ce système semble ingénieux, la correction de supraclusions sévères paraît rester difficile à réaliser.

Lors de supraclusions plus sévères il peut être envisagé d'utiliser des auxiliaires tels que des mini-vis afin de renforcer l'ancrage et de créer un point d'appui permettant la levée de ce verrou d'occlusion. Bowman et al(36) présente un cas traité par aligneurs associés à deux minivis entre les incisives latérales et canines



maxillaires (Fig 20). Des crochets ont été créés au niveau des faces vestibulaires des aligneurs (Fig 21 et 22) afin de pouvoir accrocher des élastiques entre ces derniers et les minivis provoquant ainsi une force d'ingression.

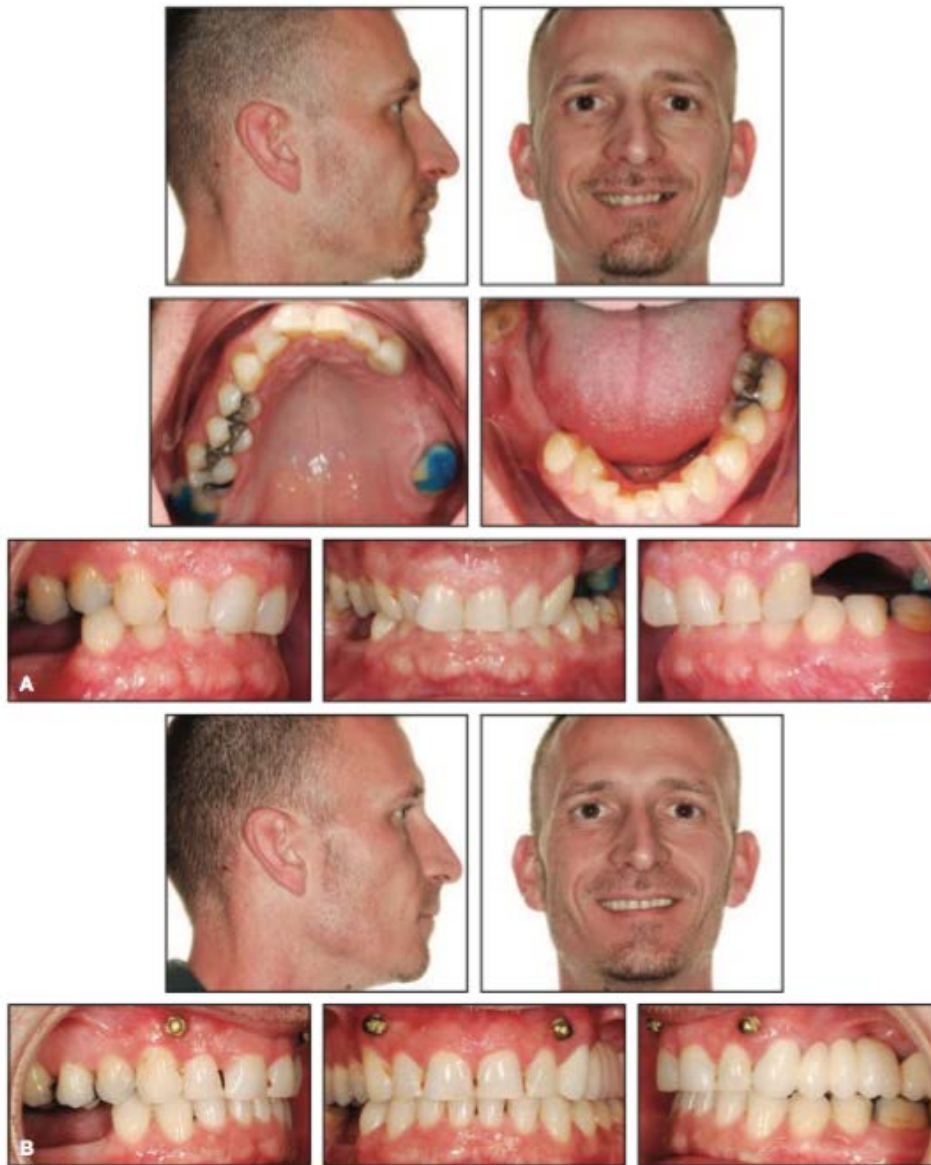


Figure 20 : Supraclusion traitée par ingression antérieure sur minivis(36)

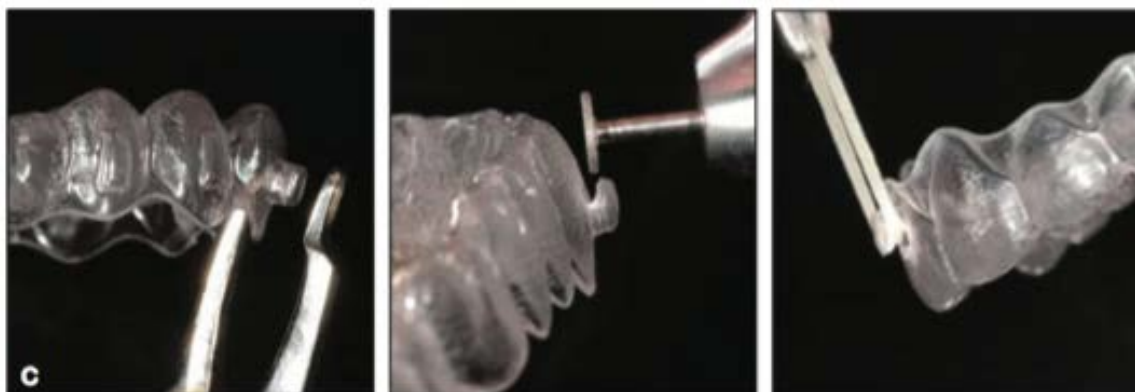


Figure 21 : Création de crochets sur les aligneurs pour la rétention des élastiques(36)

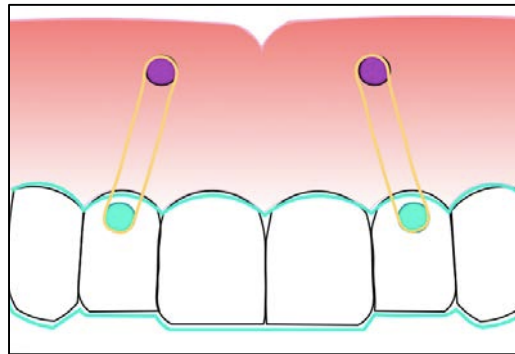


Figure 22 : configuration minivis, élastiques et crochets sur aligneur (illustration personnelle)

Certains auteurs comme Chris Chang(39) préconisent également l'utilisation de minivis vestibulaires et réalisent à la place des crochets deux échancrures palatines entre les incisives centrales et latérales afin d'accrocher les élastiques (Fig 23).

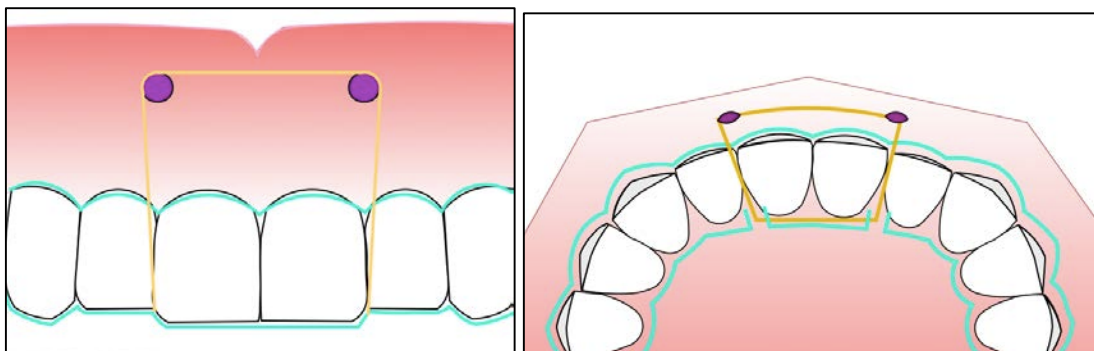


Figure 23 : configuration minivis, élastiques et échancrures palatines vue vestibulaire à gauche et occlusale à droite (illustration personnelle)

On peut facilement imaginer que d'autres configurations avec les minivis et les élastiques soient envisageables telles que l'adjonction d'une minivis palatine et l'utilisation d'élastiques en hamac prenant appui à la fois sur les minivis vestibulaires et sur celle palatine (Fig 24 et 25).

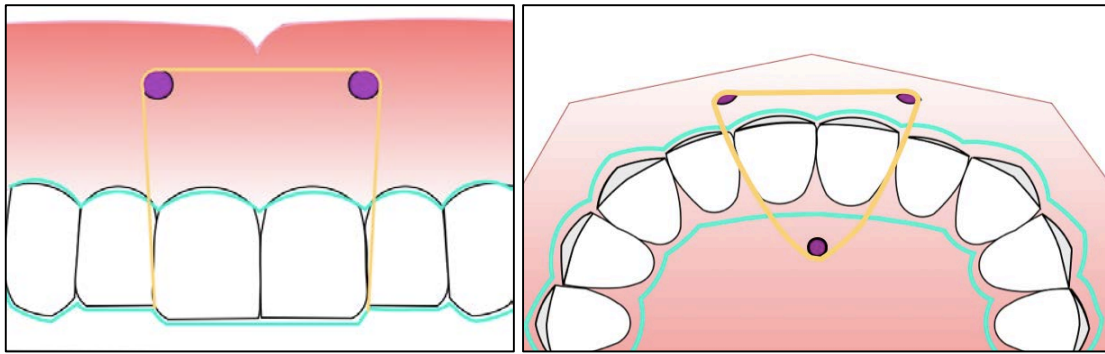


Figure 24 : configuration minivis vestibulaires et palatine + élastiques en vue vestibulaire à gauche et occlusale à droite (illustration personnelle)



Figure 25 : Cas clinique supraclusion et minivis (courtoisie Dr Sabouni)

*Remarque* : On notera que les corrections des inclinaisons axiales des incisives modifient l'importance du recouvrement et devront donc être intégrées dans l'évaluation des mouvements d'ingression à réaliser(40).

Cas particulier de l'ingression unitaire :

L'égression de dents sans antagoniste est fréquente chez les patients présentant des dents absentes. L'ingression de ces dents égressées peut permettre de corriger le plan d'occlusion et de libérer l'espace prothétique nécessaire pour le remplacement de la ou des dents absentes. Les minivis conviennent parfaitement à cette tâche (Fig 26). En effet, diverses forces (chainette élastique, ressorts) peuvent être utilisés afin de guider de manière prévisible cette ingression unitaire sans affecter les dents adjacentes(36).



Figure 26 : Ingression unitaire avec une minivis vestibulaire pour réhabilitation prothétique(36)

Dans le cas suivant, une minivis palatine et une minivis vestibulaire sont reliées par un élastique dit « en hamac » afin de réaliser l'ingression de la molaire maxillaire droite(Fig 27)(41).



Figure 27 : Ingression unitaire avec deux minivis et élastique en hamac(41)

### 3.2.2 Concernant l'infraclusion

Il en va de même que pour la supraclusion, l'origine de la bécane doit être déterminée avant d'entreprendre le traitement orthodontique.

Ainsi, trois solutions thérapeutiques s'offrent à nous en fonction du diagnostic établi :

- L'égression du secteur incisif seule
- L'égression du secteur incisif et l'ingression molaire
- L'ingression molaire seule

### L'égression incisive

L'égression légère par aligneur des incisives peut se faire à l'aide de taquets au niveau des incisives, de boutons et d'élastiques verticaux tel que montré dans la figure 28.



Figure 28 : Egression antérieur légère avec boutons et élastiques (courtoisie Dr Sabouni)

### L'ingression molaire

Giancotti et al(42) présentent en 2014 un système hybride, alliant appareil fixe segmentaire et minivis en association avec les aligneurs. Cette méthode permettrait selon eux une rotation de la mandibule vers le haut et vers l'avant, fermant ainsi la béance antérieure et améliorant l'esthétique du visage. Il s'agit donc de réaliser une ingression des dents postérieures afin de corriger l'infraclusion antérieure.

Leur procédure est la suivante :

- Une minivis est placée en mésial des premières molaires maxillaires droite et gauche.
- Un auxiliaire est fabriqué à partir d'un fil rectangulaire en acier de section de chaque côté du modèle de travail comme ci-dessous (Fig 29).



Figure 29 : auxiliaire fabriqué(42)

Les extrémités du fil sont recouvertes de résine composite pour un placement plus facile en bouche.



Un crochet chirurgical est serti au niveau des premières molaires pour la fixation de ressort en nickel-titane sur les mini-vis.

- Des coupes précises sont conçues sur le ClinCheck afin de réaliser des aligneurs adaptés à la morphologie de cet auxiliaire.
- Une fois les auxiliaires mis en place, des ressorts hélicoïdaux en nickel-titane sont attachés des mini-vis aux crochets sertis.

Illustration par un cas clinique (Fig 30) :

Une patiente de 17 ans s'est présentée en consultation pour une incapacité à mordre correctement. L'examen clinique a révélé une malocclusion de classe II.1 associée à une béance antérieure.

Une expansion maxillaire lente et la correction de la béance antérieure par intrusion des segments postérieurs maxillaires a été réalisée en utilisant un ancrage vestibulaire et des aligneurs comme décrit lors de la procédure ci-dessus. La correction de classe II a été effectuée grâce à la rotation antihoraire de la mandibule.



Figure 30 : système segmentaire hybride, alliant appareil fixe et minivis(42)

En 2015, Bowman et al proposent également d'ingresser les secteurs postérieurs afin d'induire une rotation mandibulaire permettant de corriger une infraclusion(36). Ils utilisent ainsi, chez une patiente adulte, un mécanisme de sangle avec un appui sur minivis (Fig 31). En fin de traitement, une béance postérieure a été créée. Elle sera corrigée par l'utilisation de boutons et d'élastiques verticaux (Fig 32).

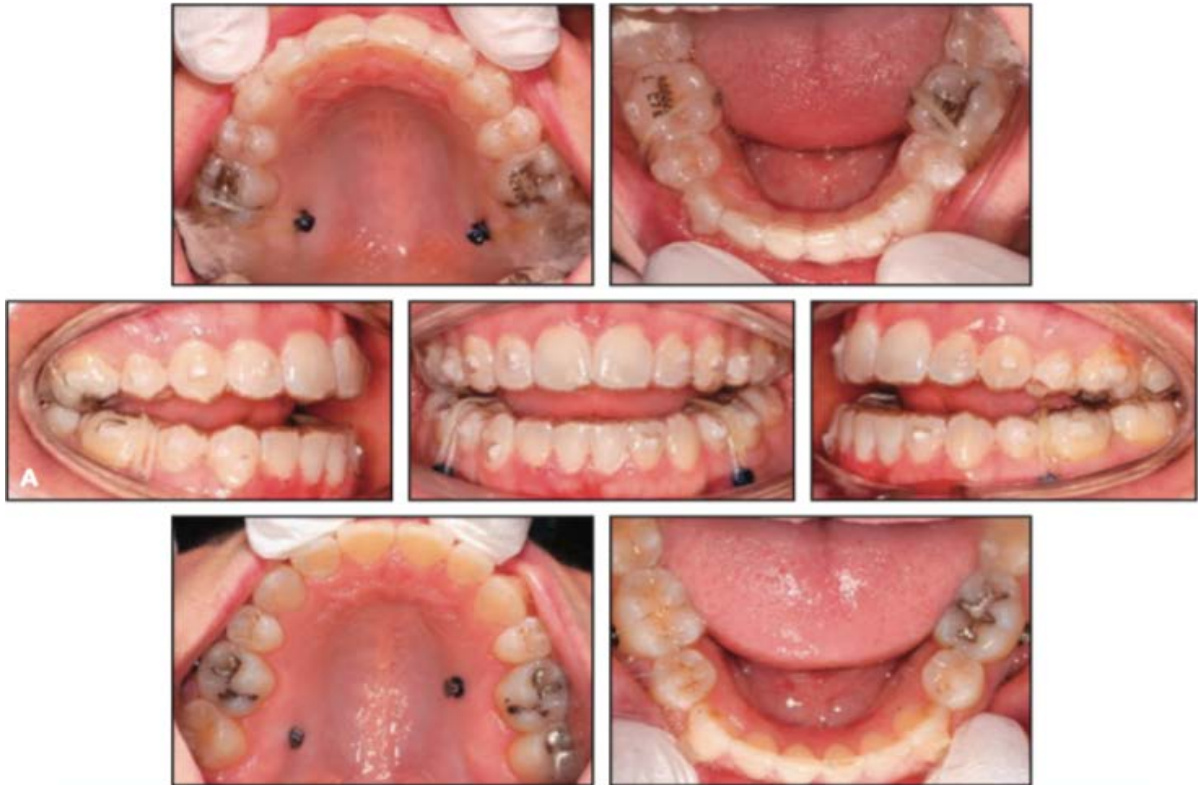


Figure 31 : utilisation d'un système de sangle avec élastiques et minivis pour l'ingression postérieure et correction de l'infraclusion antérieure(36)

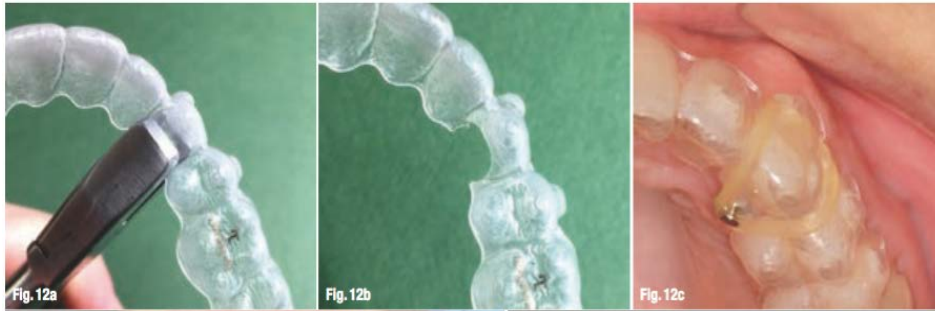


Figure 32 : égression postérieure forcée en fin de traitement. Mise en place de boutons et élastiques intermaxillaires(36)

*Remarque* : Lors de l'ingression des secteurs postérieurs par mini-vis il peut être nécessaire d'adjoindre des tractions inter-arcades de classe III afin d'éviter un bout à bout incisive lors de la rotation mandibulaire.

### Cas particulier de l'égression unitaire :

L'utilisation d'une pince spécifique à trous permet d'éliminer une partie de la gouttière où l'on souhaite positionner un bouton(36). De ce fait, pour l'égression d'une dent unitaire il est possible d'évider la gouttière au niveau de la face palatine afin d'y coller un bouton (Fig 33).



**Figure 33 : gouttière évidée et mise en place de bouton et élastique pour égression unitaire(36)**

Des échancrures sont réalisées en vestibulaire afin de créer des crochets permettant l'accrochage des élastiques allant du bouton palatin à la partie vestibulaire de l'aligneur tel que présenté dans l'illustration (Fig 34) ci-dessous :



**Figure 34 : égression unitaire de la 13(41)**

La gouttière peut également être évidée au niveau du collet de la face vestibulaire de la dent afin d'ajouter un bouton vestibulaire et remplacer ainsi l'utilisation des échancrures.

### Cas particulier de l'ingression passive liée à l'épaisseur des gouttières :

L'utilisation d'aligneurs peut engendrer une ingression passive des secteurs postérieurs liée à l'épaisseur du plastique de la gouttière. Bien que l'occlusion finisse généralement par s'assoir spontanément à l'arrêt du port des gouttières, l'utilisation



d'élastiques inter-maxillaires permet la correction rapide de ce défaut vertical (Fig 34) (36).



Figure 35 : égression postérieure forcée en fin de traitement. A : boutons molaires et canins maxillaires et mandibulaires + élastiques intermaxillaires. B : Patient en fin de traitement(36)

Pour éviter des rotations canines lié à ces élastiques latéraux on peut également utiliser des élastiques dit « one to one » c'est à dire allant d'une dent à la dent opposée comme le montre la figure 35.



Figure 36 : élastiques dit "one to one" (courtoisie Dr Sabouni)

### 3.3 Dans la dimension antéro-postérieure

Les dysmorphoses et malocclusions dans la dimension antéro-postérieure sont caractérisées par un décalage antéropostérieur des bases ou des arcades maxillaires et mandibulaires entre elles.

La thérapeutique de cette malocclusion dépend de ses formes cliniques très diverses et en particulier du contexte squelettique vertical et de la croissance(43).

### 3.3.1 Concernant la classe II

La correction d'un décalage de classe II peut être corrigée par :

- un recul au niveau maxillaire ;
- une avancée au niveau mandibulaire ;
- une association des deux(44)

#### 3.3.1.1 Tractions inter-arcades

Les forces intermaxillaires sont des dispositifs fixés sur les deux arcades qui délivrent sur chacune d'elles des forces réciproques(40). Ce terme recouvre classiquement les tractions inter-arcades (TIA) ou élastiques inter-arcades. On peut y ajouter également des dispositifs comme les bielles, ressorts, etc... Afin de contrôler l'ancrage et de coordonner les arcades lors des traitements par aligneurs nous pouvons donc utiliser ces auxiliaires.

Des échancrures dans les gouttières au niveau gingival des canines maxillaires et des molaires mandibulaires peuvent être réalisées (Fig 37) afin de permettre l'utilisation d'élastiques (TIA) pour pouvoir contrôler l'ancrage et coordonner les arcades(45).

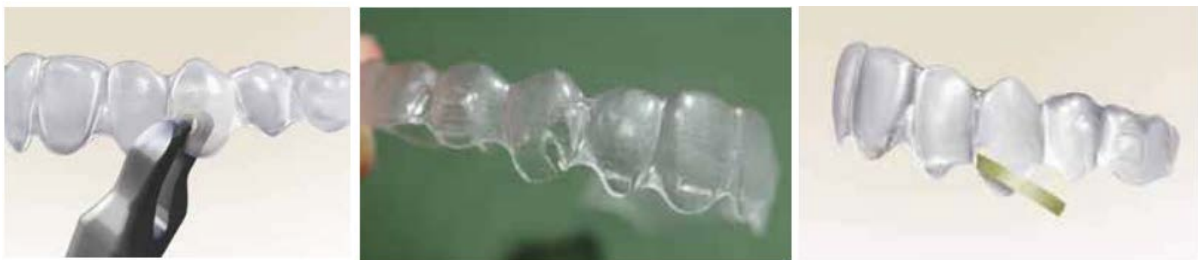


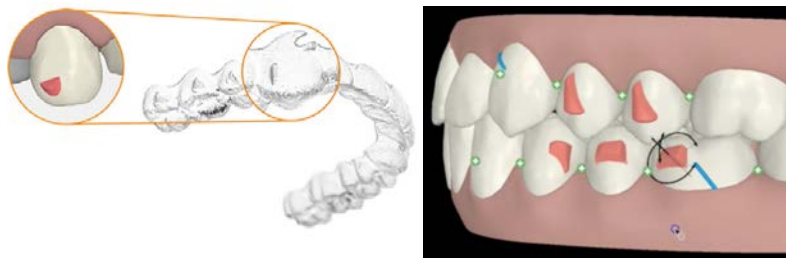
Figure 37 : Création d'échancrures gingivales au niveau des aligneurs pour retenir les TIM(45)

En 2010 Schupp et al estiment que les crochets doivent être collés directement sur les surfaces dentaires des canines supérieures et des premières et deuxièmes molaires inférieures (Fig 38), et non créés par des échancrures, car la force verticale des élastiques délogerait facilement les aligneurs(46).



**Figure 38 : A : Attache rectangulaire sur la canine maxillaire droite avec des crochets sur la canine maxillaire droite et la première molaire mandibulaire pour l'utilisation d'élastiques de classe 2. B : Crochet sur la canine maxillaire droite et attache rectangulaire pour éviter une rotation indésirable due à la force élastique(46)**

Chez Invisalign, des Precision Cuts (Fig 39 et 40) sont automatiquement définies sous forme de crochets sur les canines et de boutons sur les premières molaires. La société recommande l'adjonction d'un taquet (Fig 39) au niveau des premières molaires mandibulaires pour éviter cette désinsertion(8).



**Figure 39 : precision cuts en forme de crochet sur les canines à gauche et adjonction d'un taquet sur la première molaire mandibulaire gauche lors de la création du ClinCheck à droite(8)**



**Figure 40 : élastiques de classe II allant des boutons molaires aux précisions cuts canins(41,47)**

Les tractions interarcades peuvent être également placées sur des minivis (Fig 41) misent en place en fonction du diagnostic et du plan de traitement établi (triangle rétromolaire en distal de 37/47 ou entre 36-37 et 46-47, en antérieur au maxillaire)



Figure 41 : élastiques de classe II d'un bouton mandibulaire à une minivis maxillaire(41)

Cas particulier des patients en croissance :

Récemment, un système d'avancée mandibulaire « MA » (Fig 42) a été créé pour les patients en cours de croissance(48). Il est composé d'ailettes placées entre les secondes prémolaires et les premières molaires sur les aligneurs supérieurs et inférieurs (Fig 43). Leur imbrication permet d'amener la mandibule dans une position protrusive. Ce système s'apparente ainsi à une orthèse d'avancée mandibulaire. Cette avancée se fait de façon progressive par une succession de saut de 2 mm tous les huit aligneurs.



Figure 42 : système d'avancée mandibulaire vu hors bouche(8)

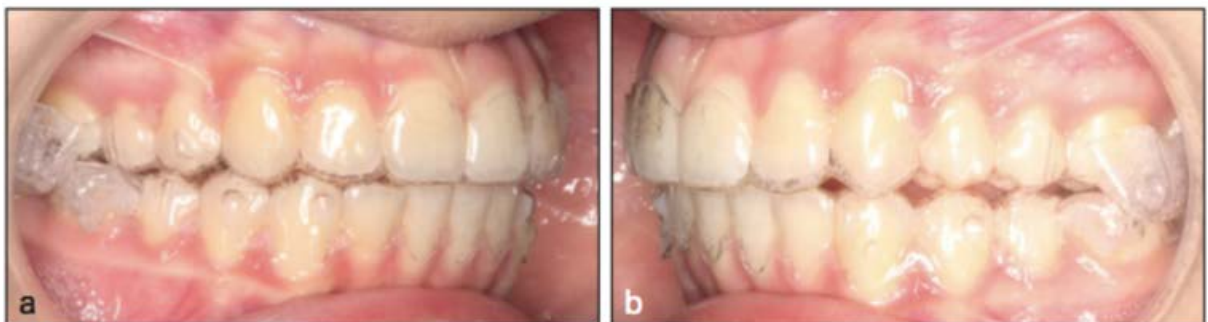


Figure 43 : système d'avancée mandibulaire vue endobuccale de profil(49)

### 3.3.1.2 Le recul molaire

En fonction du diagnostic établi, il est possible d'envisager la distalisation de l'arcade maxillaire (par exemple lors des cas de classe II avec une proalvéolie maxillaire ou bien encore de classe II associée à un encombrement). Ce mouvement peut être proposé par les aligneurs en réalisant une distalisation sectorielle (dent par dent). Il existe également des auxiliaires permettant d'augmenter la prédictibilité de ce recul. Ils peuvent être utilisés pendant ou avant le traitement par aligneurs.

En 2015, Bowman et al exposent plusieurs cas cliniques utilisant des auxiliaires afin d'améliorer la prédictibilité du recul molaire(47). Ils différencient deux possibilités thérapeutiques différentes : le recul molaire pendant le traitement par aligneurs et celui avant le traitement par aligneur.

Pendant le traitement par aligneurs

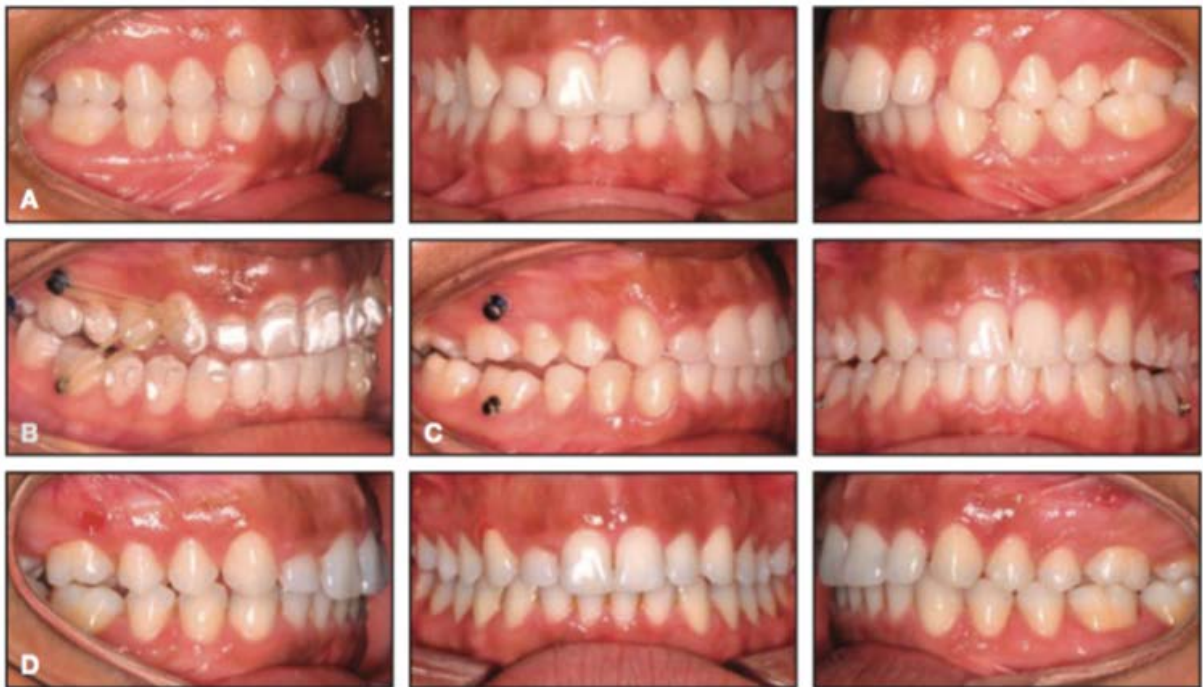
- ❖ Le « case report » (Fig 44) d'un patient adulte présentant une classe II subdivision gauche a été traité par distalisation de l'arcade maxillaire gauche(47). Afin de contrôler l'ancrage une minivis a été insérée en palatin entre les racines de 26 et 27. Un ressort en nickel titane a ensuite été mis en place entre la minivis et un power arm collé sur la 24 puis sur la 23. Les aligneurs ont permis de guider et de contenir les dents sélectionnées pendant cette distalisation programmée.



Figure 44 : A : classe II subdivision gauche. B et C : système de distalisation avec minivis, ressort et power arm + aligneur. D : Occlusion en fin de traitement(47)



- ❖ Le cas d'une jeune patiente présentant une classe 2 a été traité par distalisation en masse de l'arcade maxillaire grâce à l'utilisation d'élastiques entre les échancrures des aligneurs au niveau des canines maxillaires et les minivis vestibulaires en regard des molaires (Fig 45) (47). L'adjonction d'élastiques de classe II entre des boutons molaires mandibulaires et les échancrures des gouttières au niveau des canines maxillaires a également été nécessaire afin de corriger la malocclusion de classe 2. Malgré l'utilisation de tractions intermaxillaires associées à un recul molaire il semble persister une classe 2 subdivision droite sur les photos endobuccales de fin de traitement.



**Figure 45 : A : Malocclusion de classe II subdivision droite ; B : Distalisation en masse du secteur 1 supportée par un ancrage osseux et des élastiques ; C : Après un an de traitement, amélioration vers la classe I mais classe II à droite persistante nécessitant une phase supplémentaire de finitions(47)**

Avant le traitement par aligneurs

- ❖ La mise en place d'un dispositif Carriere avant le traitement par aligneur a été effectuée chez la patiente ci-dessous (Fig 46) (47). La malocclusion étant une classe 2 subdivision droite, le Carriere a été collé uniquement sur la molaire et canine maxillaires droites. Une minivis a été également insérée entre les racines de la première molaire maxillaire droite et de la deuxième prémolaire afin d'ajouter un élastique intramaxillaire entre cette dernière et la partie mésiale du Carriere. La patiente a aussi porté des élastiques de classe II à droite.



Figure 46 : A : classe II.2 subdivision droite. B : minivis entre premières molaires et deuxièmes prémolaires maxillaires, chaînette entre minivis et partie mésiale du Carriere et élastique de classe II. C : espace entre la canine et l'incisive latérale après 5 m. D : Mise en place des aligneurs et élastiques de classe II à droite(47)

- ❖ Dans le cas ci-dessous, la malocclusion de classe 2 associée à un encombrement antérieure chez une patiente de 12 ans a été traitée dans un premier temps par la mise en place d'un Beneslider (Fig 47)(50). On observe la création d'espaces de recul entre les prémolaires au bout de 7 mois de traitement (Fig 48). Le traitement par aligneur a été réalisé dans un second temps, une fois le recul molaire souhaité réalisé (Fig 49 et 50)



Figure 47 : Mise en place du Beneslider chez une patiente de 12 ans présentant une malocclusion classe 2 associée à un encombrement antérieur(50)



Figure 48 : photos endobuccales après 7 mois de traitement(50)



Figure 49 : mise en place des aligneurs(50)



Figure 50 : photos endobuccales de fin de traitement(50)



### 3.3.2 Concernant la classe III

La correction de l'occlusion de classe III est obtenue par :

- un mouvement de mésialisation à l'arcade maxillaire ;
- un mouvement de distalation à l'arcade mandibulaire(44)

#### 3.3.2.1 Classe 3 non ortho-chirurgicale

De la même façon que pour les classe II, la correction des classes III nécessite généralement l'utilisation de tractions intermaxillaires. Ces dernières se réaliseront le plus souvent des molaires maxillaires aux canines mandibulaire. En voici un exemple (Fig 51) :



Figure 51 : Alineurs et élastiques de classe III(51)

Ces tractions peuvent également s'effectuer via des mini-vis situées entre les molaires et les prémolaires maxillaires et/ou entre les canines et prémolaires mandibulaires.

#### 3.3.2.2 Cas d'une classe 3 ortho-chirurgicale

Les traitements ortho-chirurgicaux deviennent nécessaires lorsque les limites des traitements orthopédiques et orthodontiques sont dépassées. Une collaboration pluridisciplinaire est alors indispensable entre les différents acteurs du traitement et notamment entre le chirurgien et l'orthodontiste. Le plan de traitement est élaboré en fonction du diagnostic posé et en étroite relation entre les différentes disciplines. De manière générale, la première phase de ce type de traitement correspond à la phase de préparation orthodontique pré-chirurgicale. Cette phase se termine par la mise en

place d'arcs chirurgicaux permettant le blocage des arcades en per et postopératoire.

Cette étape est fondamentale, elle facilite le geste chirurgical et réduit la durée de l'intervention. Lors des traitements par aligneurs, la mise en place d'arcs chirurgicaux est indéniablement impossible. La réalisation d'un système d'ancrage peropératoire auxiliaire et d'un dispositif de contention post-chirurgical est néanmoins réalisable.

Dans un case report en 2010, Marcuzzi et al(52) exposent un cas clinique d'une jeune femme de 17 ans présentant une malocclusion de classe III, un articulé inversé de 5mm ainsi qu'une béance antérieure. A l'analyse céphalométrique on observe une classe III squelettique par rétrognathie maxillaire et prognathie mandibulaire. Un traitement par gouttière d'alignement est alors entrepris en vision d'une chirurgie orthognathique. Le ClinCheck permet de définir les objectifs de la préparation orthodontique pré-chirurgicale et de visualiser la position finale des dents ainsi que leur engrènement à la fin de la chirurgie. A la fin de cette phase pré-chirurgicale, des boutons métalliques ont été collés à l'arcade maxillaire ainsi qu'à l'arcade mandibulaire (Fig 52 et 53) afin de stabiliser les arcades et de permettre la contention en fin de chirurgie.



**Figure 52 : Boutons métalliques collés sur les arcades maxillaire et mandibulaire avant la chirurgie(52)**



**Figure 53 : Boutons métalliques collés sur les arcades maxillaire et mandibulaire après la chirurgie(52)**

Après quatre visites de suivi hebdomadaires, le temps de la cicatrisation osseuses, les fixations intermaxillaires et les boutons métalliques ont été retirés. Associé à une rééducation fonctionnelle, un positionneur dynamique type Osamu (Fig 54) a été mis en place les 3 mois suivants afin de réaliser les dernières finitions.

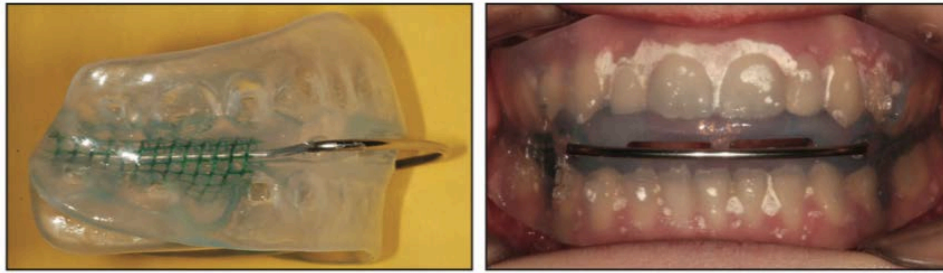


Figure 54 : positionneur dynamique type Osamu(52)

### 3.4 Autres mouvements dentaires

#### 3.4.1 Concernant la rotation

Les rotations dentaires font parties des mouvements les moins prévisibles avec les aligneurs. Différentes possibilités de traitement avec des auxiliaires existent en fonction du degré de rotation de la dent concernée (Fig 55).

Une rotation de 15° peut être corrigée de manière prédictible à l'aide d'un taquet vestibulaire. Pour corriger une dent dépassant cette valeur et allant jusqu'à 45° degré nous pouvons ajouter un taquet palatin permettant une double action de dérotation. Si l'on souhaite encore augmenter la prédictibilité de dérotations plus complexes nous pouvons également utiliser des auxiliaires tels que des boutons et des chainettes et ainsi corriger des rotations allant de 45° à 90°.

De 45 à 60° environ, l'utilisation de deux boutons palatins, un sur la dent en rotation et un sur la dent adjacente, et d'une chainette allant d'un bouton à l'autre suffit. Il pourra être adjoint un taquet de rotation sur la dent en rotation et un taquet d'ancrage sur celle qui ne l'est pas.

Au-delà de 60° il faudra envisager l'utilisation de quatre boutons, deux en vestibulaire et deux en lingual :

- en vestibulaire : un sur la dent en rotation et un sur la dent adjacente opposée à la rotation. Une chainette reliera ces deux boutons.

- en lingual : un sur la dent en rotation et sur la dent adjacente dans le sens de la rotation. Une chainette reliera ces deux boutons.

Des taquets d'ancrage seront ajoutés sur les dents de part et d'autre de la rotation, du côté opposé au bouton. (Fig 56, 57 et 58)

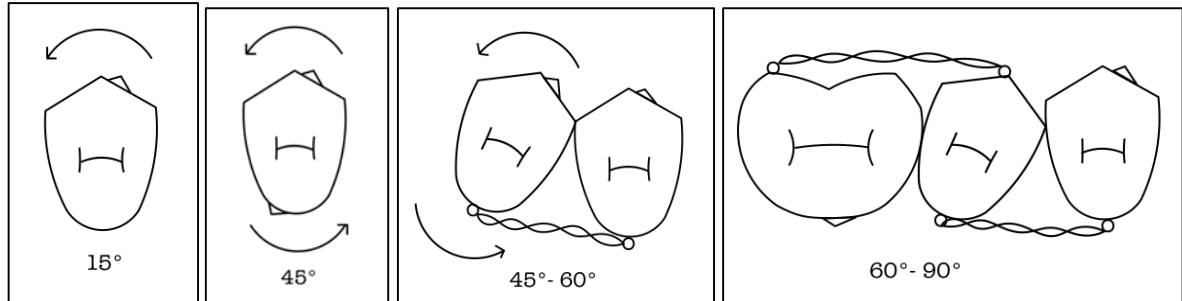


Figure 55 : Auxiliaires en fonction du degré de rotation (illustration personnelle)



Figure 56 : rotation sévère de la deuxième prémolaire maxillaire gauche et mise en place d'un système de dérotation avec chainettes et boutons(41)



Figure 57 : dérotation des deuxièmes prémolaires mandibulaires avec chainettes et boutons (courtoisie Dr Sabouni)



Figure 58 : chainettes de dérotation et boutons (courtoisie Dr Sabouni)

### 3.4.2 Concernant la fermeture d'espace après extraction

L'un des domaines les plus difficiles avec les aligneurs est le traitement impliquant l'extraction d'incisives inférieures ou d'une, deux ou quatre prémolaires. En effet, il réside très souvent des problèmes d'axe dentaire en fin de traitement (voir chapitre précédent).

Lors d'un traitement nécessitant une ou plusieurs extractions, nous devons avoir comme objectif de :

- Nous assurer de la prédictibilité des mouvements dentaires afin d'optimiser les résultats cliniques.
- Maintenir le parallélisme radiculaire lors de la rétraction des canines.
- Maintenir l'ancrage postérieur.
- Maintenir le contrôle vertical (8)

Womack(53) expose en 2006 un cas clinique nécessitant l'extraction de quatre prémolaires. Durant les dernières phases d'aligneurs, l'auteur ajoute un auxiliaire permettant de redresser l'axe radiculaires des canines. Ce dernier est constitué de potences métalliques collées sur les canines et de boutons collés aux molaires pour la fixation d'élastiques (Fig 59).

L'auteur admet une angulation canine légèrement imparfaite en fin de traitement sur la radiographie panoramique mais estime toutefois ces résultats comparables à de nombreux cas traités par appareils fixes conventionnels.



Figure 59 : : Dispositif permettant de corriger l'axe radiculaire canin(53)

Le dispositif de Womack permet de **corriger** les axes lors des dernières phases de traitement mais ne permet pas de les **contrôler** tout au long du traitement. Il reconnaît d'ailleurs que si le traitement était à refaire il envisagerait de déplacer toutes les dents en même temps afin que les mouvements des canines se produisent



durant la totalité de la durée de traitement. Il effectuerait de petites augmentations de mouvement à chaque stade afin de maintenir les dents dans les aligneurs.

Suivant la logique de Womack, aujourd'hui de nombreux praticiens utilisent des « power arms » afin de mieux contrôler les axes dentaires **durant** le traitement, et non pas seulement en fin de traitement. Ces « bras de commande » sont des auxiliaires généralement métalliques constitués d'un bras et d'un crochet permettant d'accrocher une chaînette ou un élastique entre les dents adjacentes au site d'extraction (Fig 60 et 61). La découpe des gouttières doit être anticipée afin de pouvoir mettre en place ces auxiliaires sur les dents souhaitées. Leur utilisation permet donc de mieux contrôler l'axe dentaire durant la fermeture des espaces d'extraction. En effet, ils permettent de se rapprocher au mieux des **centres de résistance** dentaire et d'obtenir ainsi un mouvement de translation en évitant les versions coronaires. Ils sont mis en place dès l'initiation du mouvement de mésialisation des prémolaires (ou molaires) et de distalisation des canines.

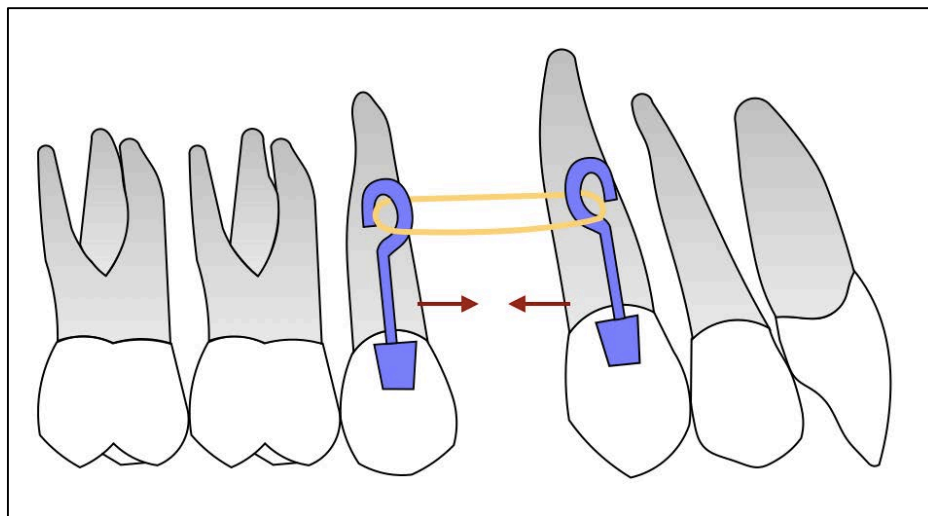


Figure 60 : power arms et élastiques lors de la fermeture d'un espace d'extraction (illustration personnelle)



Figure 61 : power arms et fermeture d'espace (cortoisie Dr Sabouni)

En fonction du plan de traitement établi il peut être envisagé différentes configurations concernant le positionnement de ces power-arms. Ils sont généralement placés sur les dents bordant directement le site d'extraction mais peuvent également être situés au niveau des dents adjacentes afin d'obtenir un meilleur contrôle du système de force. Dans le cas clinique d'une patiente suivie au CHR (Fig 62) il a été décidé de mettre en place les powers-arms au niveau de la première prémolaire maxillaire droite et de la deuxième molaire maxillaire gauche afin d'obtenir une perte d'ancrage réciproque avec une résistance stable et mobile à peu près équivalente. La mise en place d'un double câble permet d'équilibrer les forces et d'éviter une rotation des dents tractées.



Figure 62 : système double câble (courtoisie Dr Vandeweghe)

Les powers arms situés au niveau des canines peuvent également être reliés à des mini-vis en mésial des premières molaires afin d'assurer un contrôle de l'ancrage postérieur absolu (Fig 63 et 64). Cette décision s'effectuera lors de l'élaboration du plan de traitement découlant du diagnostic réalisé.

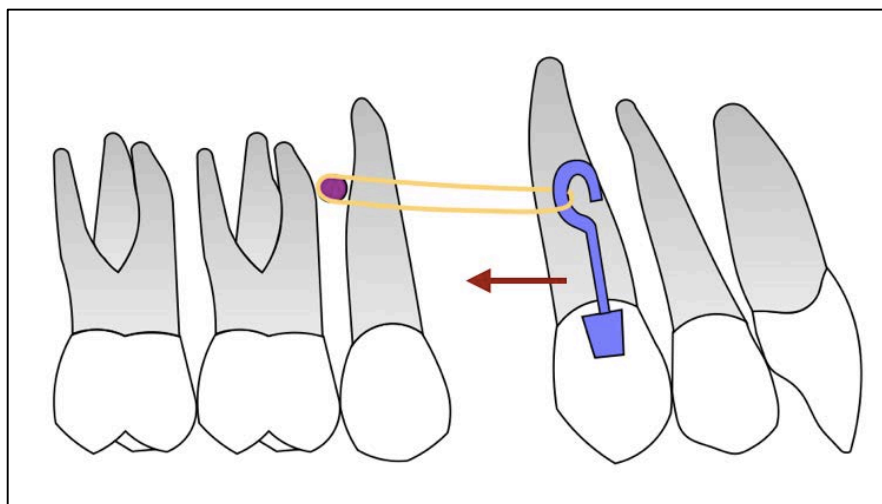


Figure 63 : power arms et minivis (illustration personnelle)



**Figure 64 : power arms et minivis (courtoisie Dr Sabouni)**

Une autre alternative peut être présentée si nous ne souhaitons pas faire appel à des ancrages osseux ou aux powers arms. En effet, certains praticiens préconisent l'utilisation d'appareils fixes conventionnels au niveau des secteurs latéraux(51) (Fig 65 et 66) en début de traitement afin d'initier les mouvements de fermeture. Puis de continuer par les aligneurs.



**Figure 65 : multi-attaches sectoriel D et G avant traitement par aligneur pour recul canin(51)**



**Figure 66 : Multi-attaches sectoriel pour fermeture espace 36 (courtoisie Dr Sabouni)**



### 3.5 Tableau récapitulatif

Tableau 3 : Mémento global

<b>Mouvement</b>	<b>Prédictibilité limite du mouvement obtenue par aligneur</b>	<b>Auxiliaires à associer pour dépasser la limite</b>
Expansion	2mm	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si endoalvéolie simple : pas besoin d'auxiliaire supplémentaire (ajout d'un taquet pour contrôle du torque si nécessaire)</li> <li>• Si articulé inversé d'un seul côté : TIM criss cross + TIM verticaux côté opposé</li> <li>• Si endognathie : disjoncteur ou disjonction assistée chirurgicalement</li> </ul>
Ingression	1mm	Minivis + élastique en hamac
Egression	3mm	Bouton + TIM
Distalisation	3mm	Minivis Dispositifs de recul molaire Multibagues sectoriels
Mésialisation	1mm	Multibagues sectoriels Ou power arm +/- minivis pour conserver l'ancrage
Rotation	15°	Boutons + chaînette(s) +/- sectionnel multibagues

Il n'existe pas à l'heure actuelle de consensus universel concernant l'utilisation des auxiliaires en association avec les traitements par aligneurs. En effet, chaque praticien utilise ses propres « trucs et astuces » en fonction de son expérience afin de pallier aux limites des aligneurs. Ce tableau se veut ainsi servir de mémento global mais ne peut être considéré comme une valeur absolue. Les principes de la biomécanique orthodontique et la compréhension des différences entre orthodontie conventionnelle et traitement par aligneurs permettront de guider nos choix. Le sujet étant encore récent d'autres recherches seront nécessaires.

## Conclusion

Les traitements d'orthodontie dits « invisible » font aujourd'hui partie intégrante de l'arsenal thérapeutique de l'orthodontiste en raison de la hausse des exigences esthétiques chez un grand nombre de patient. Les aligneurs voient ainsi depuis plusieurs années leur popularité augmenter.

L'analyse de la littérature révèle peu d'études évaluant l'efficacité ces techniques. Il en ressort néanmoins certaines limites. La correction de malocclusions complexes s'avère être difficile avec l'utilisation seule des aligneurs.

La connaissance des différents auxiliaires à la disposition du praticien peut permettre de contourner ces limites et de l'aider à atteindre ses objectifs de traitement. Leur utilisation doit être réfléchi et planifiée en amont du traitement orthodontique.

Bien que de nouvelles études doivent être réalisées afin d'évaluer la précision des aligneurs en tenant compte des évolutions technologiques, l'expérience de l'orthodontiste lui permettra également d'améliorer ses compétences et l'efficacité de ces traitements. Enfin, il ne faudra pas oublier de prendre en considération un point essentiel pour le bon fonctionnement de ces traitements amovibles quelles que soient les avancées technologiques : la compliance du patient.

Pour terminer, on gardera à l'esprit que les traitements par aligneurs évoluent très vite. Les sociétés commerciales utilisent les bases de données fournies grâce aux scanners avant, pendant et après traitement. Cette nouvelle approche numérique permet ainsi d'améliorer en permanence la prédictibilité des mouvements en travaillant sur les matériaux, les taquets et en indiquant aux praticiens quels sont les mouvements les plus difficiles.

## Références bibliographiques

1. Vlaskalic V, Boyd R. Orthodontic treatment of a mildly crowded malocclusion using the Invisalign System. *Aust Orthod J.* mars 2001;17(1):41-6.
2. 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.
3. Kesling HD. The philosophy of the tooth positioning appliance. *Am J Orthod Oral Surg.* juin 1945;31(6):297-304.
4. Nahoum H. The vacuum formed dental contour appliance. *New York State Dent J.* 1964;385-90.
5. Ponitz RJ. Invisible retainers. *Am J Orthod.* mars 1971;59(3):266-72.
6. Hajeer MY, Millett DT, Ayoub AF, Siebert JP. Current Products and Practices: Applications of 3D imaging in orthodontics: Part II. *J Orthod.* juin 2004;31(2):154-62.
7. Joffe L. Invisalign: early experiences. *J Orthod.* déc 2003;30(4):348-52.
8. [www.invisalign.com](http://www.invisalign.com).
9. Khan W. Nouveaux concepts de traitement par aligneurs : le système Orthocaps. *Orthod Fr.* sept 2014;85(3):253-64.
10. Advances in digital technology and orthodontics: a reference to the Invisalign method.
11. Papadimitriou A, Mousoulea S, Gkantidis N, Kloukos D. Clinical effectiveness of Invisalign® orthodontic treatment: a systematic review. *Prog Orthod.* 28 sept 2018;19(1):37.
12. Sheridan JJ. What percentage of your patients are being treated with Invisalign appliances? *Journal of clinical orthodontics: JCO* 38(10):544-5. nov 2004;
13. 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 Dentofacial Orthop.* janv 2009;135(1):27-35.
14. Solano-Mendoza B, Sonnemberg B, Solano-Reina E, Iglesias-Linares A. How effective is the Invisalign® system in expansion movement with Ex30' aligners? *Clin Oral Investig.* juin 2017;21(5):1475-84.
15. Houle J-P, Piedade L, Todescan R, Pinheiro FHSL. The predictability of transverse changes with Invisalign. *Angle Orthod.* janv 2017;87(1):19-24.
16. Bishara SE, Ortho D, Jakobsen JR, Treder J, Nowak A. Arch width changes from 6 weeks to 45 years of age. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* avr 1997;111(4):401-9.
17. Zhou N, Guo J. Efficiency of upper arch expansion with the Invisalign system. *Angle Orthod* 2019
18. 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.
19. 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.* 2017;22(5):30-8.
20. 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.
21. Krieger E, Seiferth J, Saric I, Jung BA, Wehrbein H. Accuracy of invisalign® treatments in the anterior tooth region: First results. *J Orofac Orthop Fortschritte Kieferorthopädie.* avr 2011;72(2):141-9.
22. 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.
23. Bolla E, Muratore F, Carano A, Bowman SJ. Evaluation of maxillary molar distalization with the distal jet: a comparison with other contemporary methods. Angle Orthod. oct 2002;72(5):481-94.
  24. Ravera S, Castroflorio T, Garino F, Daher S, Cugliari G, Deregibus A. Maxillary molar distalization with aligners in adult patients: a multicenter retrospective study. Prog Orthod 2016
  25. 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 Dentofacial Orthop. juin 2014;145(6):728-36.
  26. Gu J, Tang JS, Skulski B, Fields HW, Beck FM, Firestone AR, et al. Evaluation of Invisalign treatment effectiveness and efficiency compared with conventional fixed appliances using the Peer Assessment Rating index. Am J Orthod Dentofacial Orthop. févr 2017;151(2):259-66.
  27. Clements KM, Bollen A-M, Huang G, King G, Hujoel P, Ma T. Activation time and material stiffness of sequential removable orthodontic appliances. Part 2: Dental improvements. Am J Orthod Dentofacial Orthop. nov 2003;124(5):502-8.
  28. 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 Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod. sept 2005;128(3):292-8; discussion 298.
  29. Lombardo L, Arreghini A, Ramina F, Huanca Ghislanzoni LT, Siciliani G. Predictability of orthodontic movement with orthodontic aligners: a retrospective study. Prog Orthod 2017
  30. 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.
  31. Phan X. Clinical Limitations of Invisalign. 2007;73(3):4.
  32. Giancotti A, Greco M, Mampieri G. Extraction treatment using Invisalign Technique. Prog Orthod. 2006;7(1):32-43.
  33. Bollen A-M, Huang G, King G, Hujoel P, Ma T. Activation time and material stiffness of sequential removable orthodontic appliances. Part 1: Ability to complete treatment. Am J Orthod Dentofacial Orthop. nov 2003;124(5):496-501.
  34. Baldwin DK, King G, Ramsay DS, Huang G, Bollen A-M. Activation time and material stiffness of sequential removable orthodontic appliances. Part 3: Premolar extraction patients. Am J Orthod Dentofacial Orthop. juin 2008;133(6):837-45.
  35. Wheeler T. Invisalign clinical trials needed. Am J Orthod Dentofacial Orthop. mai 2005;127(5):527.
  36. Bowman SJ, Celenza F, Sparaga J, Papadopoulos MA, Ojima K, Lin JC-Y. Creative Adjuncts for Clear Aligners. 2015;(3):11.
  37. Sorel O. Traitement des endognathies maxillaires par disjonction orthopédique. Rev Stomatol Chir Maxillofac. févr 2004;105(1):26-36.
  38. Park JH, Kim TW. Deep-bite correction using a clear aligner and intramaxillary elastics. J Clin Orthod JCO. mars 2009;43(3):152-7; quiz 183.
  39. Chang C, Renger S. Vers une orthodontie contemporaine et raisonnée. Un entretien avec Chris Chang. Orthod Francaise. 2018;89(3):219-27.
  40. Boileau M. Orthodontie de l'enfant et du jeune adulte - Traitement des dysmorphies et malocclusions. Elsevier Masson. Vol. Tome 2. 2013.
  41. Sandra Tai, bds, ms. Clear aligner technique. Quintessence Publishing. 2018.
  42. Giancotti A, Germano F, Muzzi F, Greco M. A Miniscrew-Supported Intrusion Auxiliary

- for Open-Bite Treatment with Invisalign. 2014;(6):11.
43. Boileau M. Orthodontie de l'enfant et du jeune adulte - Traitement des dysmorphies et malocclusions. Elsevier Masson. Vol. Tome 1. 2011.
  44. Boileau M. Orthodontie de l'enfant et du jeune adulte - Traitement des dysmorphies et malocclusions - Tome 2. Elsevier Masson; 2013.
  45. Clear Collection Instruments for Clear Aligner Treatments [www.hu-friedy.com](http://www.hu-friedy.com)
  46. Schupp W, Haubrich J, Neumann I. Class II Correction with the Invisalign System. (1):8.
  47. Bowman SJ, Celenza F, Sparaga J, Papadopoulos MA, Ojima K, Lin JC-Y. Creative Adjuncts for Clear Aligners. 2015;(2):12.
  48. Sabouni W, Eichelberger A, Des Georges O. Traitement des classes II pour les patients au cours de la croissance par gouttières thermoformées : quel protocole ? Orthod Fr. mars 2019;90(1):13-27.
  49. Sabouni W, Eichelberger A, Des Georges O. Traitement des classes II pour les patients au cours de la croissance par gouttières thermoformées : quel protocole ? Orthod Fr. mars 2019;90(1):13-27.
  50. Wilmes B, Nienkemper M, Ludwig B, Kau CH, Pauls A, Drescher D. Esthetic Class II treatment with the Beneslider and aligners. J Clin Orthod JCO. juill 2012;46(7):390-8; quiz 437.
  51. Giancotti A, Di Girolamo R. Treatment of severe maxillary crowding using Invisalign and fixed appliances. J Clin Orthod JCO. sept 2009;43(9):583-9; quiz 582.
  52. Marcuzzi E, Galassini G, Procopio O, Castaldo A, Contardo L. Surgical-Invisalign treatment of a patient with Class III malocclusion and multiple missing teeth. J Clin Orthod JCO. juin 2010;44(6):377-84.
  53. Womack WR. Four-Premolar Extraction Treatment with Invisalign. 2006;(8):8.

## Tables des illustrations

Figure 1 : taquets Invisalign à gauche(8) et patins de frictions chez Orthocaps à droite(9).....	17
Figure 2 : variables mesurées à T1 et T2(14).....	20
Figure 3 : Repères et pourcentages d'expansion réelle obtenue après traitement par rapport aux résultats prévus par le ClinCheck au maxillaire. A gauche : repères cuspidiens ; à droite : repère gingivaux(15) .....	21
Figure 4 : Repères et pourcentages d'expansion réelle obtenue après traitement par rapport aux résultats prévus par le ClinCheck à la mandibule. A gauche : repères cuspidiens ; à droite : repère gingivaux(15) .....	21
Figure 5 : Mesures linéaires de largeurs inter-dentaires(17).....	22
Figure 6 : Mesures sur imagerie 3D (CBCT) A : profondeur de l'os maxillaire et profondeur alvéolaire B : profondeur de l'arcade maxillaire C : version des 1eres molaires maxillaires D : profondeur unilatérale de l'arcade maxillaire(17).....	23
Figure 7 : comparaison du modèle prétraitement et du ClinCheck initial à T1 et du modèle final post-traitement avec le ClinChek final à T2(21) .....	26
Figure 8 : Surcorrection nécessaire de la rotation en plus de l'utilisation éventuelle d'auxiliaires(13).....	29
Figure 9 : Fermeture d'espace par aligneurs avec version excessive des dents adjacentes aux sites d'extraction(30) .....	30
Figure 10 : Photos endobuccales et radiographies avant traitement(31) .....	31
Figure 11 : Photos endobuccales et radiographies après traitement(31).....	32
Figure 12 : Radiographie panoramique et axes radiculaires incorrects(31) .....	32
Figure 13 : angles mesurés sur la radiographie panoramique : I : angle interdentaire ; D : angle distal ; M : angle mésial(33) .....	33
Figure 14 : disjoncteur usiné et aligneur (illustration personnelle) .....	36
Figure 15 : Disjoncteur usiné et gouttière de stabilisation (courtoisie Dr Sabouni).....	37
Figure 16 : Bras latéraux du disjoncteur déposés et premier aligneur mis en place (courtoisie Dr Sabouni).....	37
Figure 17 : Expansion sans et avec taquet vestibulaire (illustration personnelle) .....	37
Figure 18 : Criss-cross coté articulé inversé et TIM verticaux côté opposé (illustration personnelle).....	38
Figure 19 : technique d'ingression avec échancrures au niveau de l'aligneur et élastiques(37) .....	40
Figure 20 : Supraclusion traitée par ingression antérieure sur minivis(35) .....	41
Figure 21 : Création de crochets sur les aligneurs pour la rétention des élastiques(35).....	41
Figure 22 : configuration minivis, élastiques et crochets sur aligneur (illustration personnelle) .....	42
Figure 23 : configuration minivis, élastiques et échancrures palatines vue vestibulaire à gauche et occlusale à droite (illustration personnelle).....	42
Figure 24 : configuration minivis vestibulaires et palatine + élastiques en vue vestibulaire à gauche et occlusale à droite (illustration personnelle).....	43
Figure 25 : Cas clinique supraclusion et minivis (courtoisie Dr Sabouni) .....	43
Figure 26 : Ingression unitaire avec une minivis vestibulaire pour réhabilitation prothétique(35).....	44
Figure 27 : Ingression unitaire avec deux minivis et élastique en hamac(40) .....	44
Figure 28 : Egression antérieur légère avec boutons et élastiques (courtoisie Dr Sabouni).....	45
Figure 29 : auxiliaire fabriqué(41).....	45
Figure 30 : système segmentaire hybride, alliant appareil fixe et minivis(41).....	46
Figure 31 : utilisation d'un système de sangle avec élastiques et minivis pour l'ingression	

postérieure et correction de l'infraclusion antérieure(35).....	47
Figure 32 : égression postérieure forcée en fin de traitement. Mise en place de boutons et élastiques intermaxillaires(35).....	47
Figure 33 : gouttière évidée et mise en place de bouton et élastique pour égression unitaire(35).....	48
Figure 34 : égression unitaire de la 13(40).....	48
Figure 35 : égression postérieure forcée en fin de traitement. A : boutons molaires et canins maxillaires et mandibulaires + élastiques intermaxillaires. B : Patient en fin de traitement(35).....	49
Figure 36 : élastiques dit "one to one" (courtoisie Dr Sabouni).....	49
Figure 37 : Création d'échancrures gingivales au niveau des aligneurs pour retenir les TIM(44).....	50
Figure 38 : A : Attache rectangulaire sur la canine maxillaire droite avec des crochets sur la canine maxillaire droite et la première molaire mandibulaire pour l'utilisation d'élastiques de classe 2. B : Crochet sur la canine maxillaire droite et attache rectangulaire pour éviter une rotation indésirable due à la force élastique(45).....	51
Figure 39 : precision cuts en forme de crochet sur les canines à gauche et adjonction d'un taquet sur la première molaire mandibulaire gauche lors de la création du ClinCheck à droite(8).....	51
Figure 40 : élastiques de classe II allant des boutons molaires aux precision cuts canins(40,46).....	51
Figure 41 : élastiques de classe II d'un bouton mandibulaire à une minivis maxillaire(40).....	52
Figure 42 : système d'avancée mandibulaire vu hors bouche(8).....	52
Figure 43 : système d'avancée mandibulaire vue endobuccale de profil(48).....	52
Figure 44 : A : classe II subdivision gauche. B et C : système de distalisation avec minivis, ressort et power arm + aligneur. D : Occlusion en fin de traitement(46).....	53
Figure 45 : A : Malocclusion de classe II subdivision droite ; B : Distalisation en masse du secteur 1 supportée par un ancrage osseux et des élastiques ; C : Après un an de traitement, amélioration vers la classe I mais classe II à droite persistante nécessitant une phase supplémentaire de finitions(46).....	54
Figure 46 : A : classe II.2 subdivision droite. B : minivis entre premières molaires et deuxièmes prémolaires maxillaires, chaînette entre minivis et partie mésiale du Carriere et élastique de classe II. C : espace entre la canine et l'incisive latérale après 5 m. D : Mise en place des aligneurs et élastiques de classe II à droite(46).....	55
Figure 47 : Mise en place du Beneslider chez une patiente de 12 ans présentant une malocclusion classe 2 associée à un encombrement antérieur(49).....	56
Figure 48 : photos endobuccales après 7 mois de traitement(49)	
Figure 49 : mise en place des aligneurs(49).....	56
Figure 50 : photos endobuccales de fin de traitement(49).....	56
Figure 51 : Aligneurs et élastiques de classe III(50).....	57
Figure 52 : Boutons métalliques collés sur les arcades maxillaire et mandibulaire avant la chirurgie(51).....	58
Figure 53 : Boutons métalliques collés sur les arcades maxillaire et mandibulaire après la chirurgie(51).....	58
Figure 54 : positionneur dynamique type Osamu(51).....	59
Figure 55 : Auxiliaires en fonction du degré de rotation (illustration personnelle).....	60
Figure 56 : rotation sévère de la deuxième prémolaire maxillaire gauche et mise en place d'un système de dérotation avec chaînettes et boutons(40).....	60
Figure 57 : dérotation des deuxièmes prémolaires mandibulaires avec chaînettes et boutons (courtoisie Dr Sabouni).....	60
Figure 58 : chaînettes de dérotation et boutons (courtoisie Dr Sabouni).....	60

Figure 59 : : Dispositif permettant de corriger l'axe radulaire canin(52) .....	61
Figure 60 : power arms et élastiques lors de la fermeture d'un espace d'extraction (illustration personnelle).....	62
Figure 61 : power arms et fermeture d'espace (courtoisie Dr Sabouni).....	62
Figure 62 : système double câble (courtoisie Dr Vandeweghe).....	63
Figure 63 : power arms et minivis (illustration personnelle).....	63
Figure 64 : power arms et minivis (courtoisie Dr Sabouni).....	64
Figure 65 : multi-attaches sectoriel D et G avant traitement par aligneur pour recul canin(50) .....	64
Figure 66 : Multi-attaches sectoriel pour fermeture espace 36 (courtoisie Dr Sabouni) .....	64



**Th. D. : Chir. Dent. : Lille : Année 2020 – N°:**

**Intérêt des auxiliaires avec les techniques par aligneurs orthodontiques/ SABLON  
Jeanne.- p. 73 : ill. 66 ; réf. 53.**

**Domaines :** Orthopédie Dento-Faciale

**Mots clés Rameau:** Orthodontie , Orthodontie-appareils et matériel, Gouttières  
occlusales, Odontologie esthétique

**Mots clés FMeSH:** Orthodontie, Appareils orthodontiques amovibles, Dentisterie  
esthétique, Gouttières occlusales

**Mots clés libres :** Aligneurs orthodontiques, Gouttières orthodontiques d'alignement,  
Auxiliaires

Résumé de la thèse :

Les aligneurs orthodontiques font partie depuis quelques années de l'arsenal thérapeutique des orthodontistes. En raison de leur caractère amovible et esthétique, leur popularité n'a cessé d'augmenter au près des patients et des praticiens. Cependant, cette alternative aux appareils orthodontiques conventionnels fixes présente certaines limites. En effet, la prédictibilité des mouvements reste encore parfois incertaine. C'est pourquoi, la mise en place d'auxiliaires reste indispensable dans la réalisation de certains mouvements afin d'atteindre les objectifs thérapeutiques fixés.

**JURY :**

**Président :** Monsieur le Professeur Thomas COLARD

**Assesseurs :** Madame le Docteur Emmanuelle BOCQUET

Monsieur le Docteur Thomas TRENTESAUX

Monsieur le Docteur Pierre TELLIEZ

**Membre invité :** Monsieur Philippe DECOCQ