

UNIVERSITE DE NANTES
UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE D'ODONTOLOGIE

Année : 2015

N° : ... 043

**EFFETS DENTO-SQUELETTIQUES ET ARTICULAIRES DES
THERAPEUTIQUES DE CLASSE II DIVISION 1 D'ANGLE : ANALYSE DE
LITTERATURE ET APPORT DES NOUVELLES TECHNIQUES**

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

Présentée

Et soutenue publiquement par

DONNADIEU Philippe

Né le 09 février 1989

Le 22 juin 2015 devant le jury ci-dessous

Président Monsieur le Professeur Yves AMOURIQ

Assesseur Monsieur le Docteur Marc-Henri NIVET

Assesseur Monsieur le Docteur Laurent DEUMIER

Directeur de thèse : Madame le Docteur Madline HOUCHMAND-CUNY

UNIVERSITÉ DE NANTES	
Président	Pr LABOUX Olivier
FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE	
Doyen	Pr AMOURIQ Yves
Asseseurs	Dr RENAUDIN Stéphane Pr SOUEIDAN Assem Pr WEISS Pierre
Professeurs des Universités Praticiens hospitaliers des C.S.E.R.D.	
Monsieur AMOURIQ Yves Monsieur GIUMELLI Bernard Monsieur LESCLOUS Philippe	Madame LICHT Brigitte Madame PEREZ Fabienne Monsieur SOUEIDAN Assem Monsieur WEISS Pierre
Professeurs des Universités	
Monsieur BOULER Jean-Michel	
Professeurs Emérites	
Monsieur BOHNE Wolf	Monsieur JEAN Alain
Praticiens Hospitaliers	
Madame DUPAS Cécile Madame LEROUXEL Emmanuelle	Madame BLERY Pauline Madame Isabelle HYON Madame Hélène GOEMAERE GALIERE
Maîtres de Conférences Praticiens hospitaliers des C.S.E.R.D.	Assistants Hospitaliers Universitaires des C.S.E.R.D.
Monsieur AMADOR DEL VALLE Gilles Madame ARMENGOL Valérie Monsieur BADRAN Zahi Monsieur BODIC François Madame DAJEAN-TRUTAUD Sylvie Madame ENKEL Bénédicte Monsieur GAUDIN Alexis Monsieur HOORNAERT Alain Madame HOUCHMAND-CUNY Madline Madame JORDANA Fabienne Monsieur KIMAKHE Saïd Monsieur LE BARS Pierre Monsieur LE GUEHENNEC Laurent Madame LOPEZ-CAZAUX Serena Monsieur MARION Dominique Monsieur NIVET Marc-Henri Monsieur RENAUDIN Stéphane Madame ROY Elisabeth Monsieur STRUILLOU Xavier Monsieur VERNER Christian	Madame BOEDEC Anne Monsieur CLÉE Thibaud Monsieur DAUZAT Antoine Monsieur DEUMIER Laurent Madame CLOITRE Alexandra Madame GOUGEON Béatrice Monsieur KOUADIO Kouakou (Assistant associé) Monsieur LANOISELEE Edouard Monsieur LE BOURHIS Antoine Madame LE GOFFE Claire Madame MAÇON Claire Madame MELIN Fanny Madame MERAMETDJIAN Laure Monsieur PILON Nicolas Monsieur PRUD'HOMME Tony Monsieur RESTOUX Gauthier Madame RICHARD Catherine Monsieur ROLOT Morgan
Enseignants Associés	A.T.E.R.
Madame BRETECHE Anne (MC Associé) Madame RAKIC Mia (MC Associé) Madame VINATIER Claire (PR Associé)	Monsieur COUASNAY Greig

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

REMERCIEMENTS

A Monsieur le Professeur Yve AMOURIQ

Professeur des Universités.

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

Département de Prothèse.

Doyen de la faculté de Chirurgie Dentaire.

Chef du service d'Odontologie Restauratrice et Chirurgicale.

- NANTES -

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

Pour votre grande expérience, votre bienveillance, et votre sympathie.

Veillez recevoir ici l'expression de mon plus grand respect et de ma plus profonde estime.

A Madame le Docteur Madline HOUCHMAND-CUNY

Maitre de Conférences des Universités.

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

Département d'Orthopédie Dento-Faciale.

- NANTES -

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de diriger cette thèse. Je vous prie de recevoir mes sincères remerciements et l'expression de mon plus profond respect pour l'intérêt que vous portez à ce travail.

Vous m'avez prodigué tout au long de mon internat, votre science et votre savoir. J'ai la chance d'être à vos côtés depuis deux ans et je ne cesse d'apprendre et progresser grâce à votre disponibilité, votre enseignement, vos précieux conseils et votre dynamisme.

Vos qualités professionnelles et votre rigueur sont pour moi des exemples à suivre.

Veillez trouver l'expression de ma gratitude la plus sincère.

A Monsieur le Docteur Marc-Henri NIVET

Maitre de Conférences des Universités.

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

Département d'Orthopédie Dento-Faciale.

- NANTES –

Vous avez accepté avec enthousiasme de rejoindre ce jury de thèse.

Votre pédagogie, votre expérience, votre gentillesse et votre disponibilité, dont vous avez toujours fait preuve tous les lundis, contribuent sans cesse au progrès des étudiants.

Soyez assuré de ma reconnaissance et de mon profond respect.

A Monsieur de le Docteur Laurent DEUMIER

Assistant Hospitalier Universitaire.

Ancien interne de CHU de Nantes.

Département d'Orthopédie Dento-Faciale.

- NANTES -

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de faire partie de ce jury.

Pour les précieux conseils que vous m'avez prodigués durant mon internat.

Pour vos qualités humaines, votre patience et votre gentillesse.

Veillez recevoir ici l'expression de ma sincère estime.

TABLES DES MATIERES

INTRODUCTION.....	10
I. EFFETS DES TRAITEMENTS ORTHOPEDIQUES.....	12
I.1 Effets des appareils fixes.....	12
I.1.1 Jasper Jumper.....	12
I.1.2 Mandibular Advancement Repositioning Appliance (MARA).....	16
I.1.3 Forsus Fatigue Resistant Device.....	20
I.2 Effets des appareils amovibles.....	24
I.2.1 Fränkel II.....	24
I.2.2 Bielle de Herbst.....	30
I.2.3 Twin-Block (TB).....	39
I.3 Effets temporo-mandibulaires des traitements orthopédiques.....	51
I.3.1 Remodelage condylien.....	52
I.3.2 Remodelage de la fosse glénoïde	54
I.3.3 Position condylienne.....	58
I.3.4 Position du disque articulaire.....	62
II. EFFETS DES TRAITEMENTS ORTHODONTIQUES : ELASTIQUES DE CLASSE II.....	66
II.1 Effets des élastiques de classe II « seuls ».....	67
II.2 Effets des élastiques en comparaison avec d'autres dispositifs.....	74
II.2.1 Elastiques versus Frankel II et Force extra-orale.....	74
II.2.2 Elastiques versus Forsus Fatigue Resistant Device (FFRD)	75
II.2.3 Elastiques avec technique Bioprogressive versus Elastiques avec technique Edgewise standard.....	77
II.2.4 Elastiques versus Bielles de Herbst	78
II.2.5 Revue de la littérature.....	86
II.3 Effets temporo-mandibulaires des élastiques de classe II.....	88
II.3.1 Remodelage du condyle.....	88
II.3.2 Position du condyle.....	89
II.3.3 Modifications du disque articulaire.....	93
II.3.4 Tableau synthétique récapitulatif.....	94
II.4 Conclusion.....	94

III.	APPORT DES NOUVELLES TECHNIQUES.....	96
	III.1 Effets des traitements de classe II avec ancrage squelettique.....	96
	III.1.1 Effets du dispositif orthopédique avec minivis versus groupe contrôle.....	98
	III.1.2 Effets du dispositif orthopédique avec minivis versus dispositif orthopédique conventionnel.....	100
	III.2 Effets des traitements de classe II avec aligneurs esthétiques.....	101
	III.3 Effets des traitements de classe II avec dispositifs magnétiques.....	104
	III.3.1 Effets post-traitement actif.....	105
	III.3.2 Effets à long terme.....	106
	III.3.3 Conclusion.....	111
	CONCLUSION.....	112
	TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	114
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	118

INTRODUCTION

La classe II d'Angle se définit comme une distocclusion de l'arcade mandibulaire par rapport à l'arcade maxillaire. Les patients avec une malocclusion de classe II division 1 peuvent présenter une promaxillie, une rétromandibulie, ou les deux associées avec des relations dentaires perturbées et des désordres de l'esthétique faciale.

La correction de cette malocclusion qu'elle soit squelettique ou dentaire, représente une grande part des traitements réalisés par un orthodontiste au cours de son exercice, du fait de la forte prévalence de celle-ci au sein de la population orthodontique. Elle représente un véritable enjeu thérapeutique et peut être traitée avec diverses approches orthodontiques et orthopédiques.

Les appareils fonctionnels orthopédiques sont recommandés dans la correction des malocclusions de classe II associées à une rétrognathie mandibulaire. Ces dispositifs peuvent être une alternative efficace à la chirurgie d'avancée mandibulaire. Amovibles (Bielles de Herbst, Twin-Block, Fränkel) ou fixes (Herbst, Jasper Jumper, Mandibular anterior repositioning appliance [MARA]), les appareils fonctionnels sont communément utilisés pour le traitement des classes II durant la croissance pubertaire pendant l'enfance. L'objectif premier de ces activateurs fonctionnels est de stimuler, voire réorienter, la croissance mandibulaire dans une direction plus favorable. Ces appareils agissent par plusieurs mécanismes : dento-alvéolaires, temporo-mandibulaires (direction de croissance condylienne, remodelage de la fosse glénoïde,..), squelettiques et neuro-musculaires. Cependant, il existe toujours des controverses concernant leurs modes d'actions et leurs effets.

Les élastiques de classe II sur équipement multiattaches, font aussi partie de l'arsenal thérapeutique des praticiens. Plusieurs auteurs ont attribué des effets néfastes à l'utilisation de ces auxiliaires tels la perte d'ancrage mandibulaire, la vestibuloversion des incisives mandibulaires, l'extrusion des incisives maxillaires, entraînant ainsi un sourire inesthétique avec une exposition augmentée de gencive et suggérant ainsi une utilisation limitée de ce dispositif.

Des nouvelles techniques peuvent de nos jours être associées à ces approches classiques pour obtenir un traitement plus efficace, plus esthétique ou encore plus confortable, telles que les aligneurs esthétiques, les ancrages squelettiques ou les appareils magnétiques.

L'objectif de ce travail est de préciser, grâce à la revue de la littérature, les effets dento-squelettiques et temporo-mandibulaires des traitements de classe II classiques, mais aussi d'éclairer le lecteur sur les effets des nouvelles approches.

I. EFFETS DES TRAITEMENTS ORTHOPEDIQUES

Le traitement orthopédique de la classe II par activateur alimente depuis très longtemps la recherche orthodontique. C'est pourquoi une revue de littérature s'impose pour faire le point des acquis en 2015.

On constate que majoritairement, on retrouve des effets orthopédiques mandibulaires grâce au traitement par activateurs, même si 26 études sur 118 (dont l'étude de Chen (2002)[13]) montrent qu'il n'y a pas d'effet squelettique.

I.1 Effets des appareils fixes

I.1.1 Jasper Jumper



Figure 1 : Dispositif du Jasper Jumper

- Effets squelettiques

Le traitement par Jasper Jumper (Figure 1) a été étudié en premier par Cope en 1994 [17]. Son étude démontre que les effets squelettiques que provoquent ce dispositif souple sont minimaux, et sans impact clinique réel. En effet, on observe seulement une légère restriction de la croissance du maxillaire et aucun effet significatif sur la mandibule. Un mouvement antérieur du pogonion est parfois observé dans la littérature (Kuçükkeles, Weiland & Banteleon (1995)) mais jamais prouvé scientifiquement [58][118].

Les résultats sont similaires dans l'étude de Küçükkeles (2007) portant sur 45 patients en croissance. Dans son étude, même si on observe des changements significatifs au sein du groupe traité par Jasper Jumper en faveur de la correction de la malocclusion pour une période de traitement de 6 mois (diminution de l'angle SNA -0.5° , recul du point A de -0.5 mm, avancée du point B $+0.94$ mm), aucune différence significative n'est observée par rapport au groupe contrôle. [58]

- Effets dento-alvéolaires [58]

En revanche, les effets dento-alvéolaires sont importants et significatifs au niveau des deux arcades.

A l'arcade maxillaire :

Dans l'étude de Küçükkeles (2007), dans le secteur incisif et en comparaison avec le groupe contrôle, on observe pour une période de 6 mois de traitement, une rétrusion significative de 5.0° (-4.1° dans le groupe traité contre $+1^\circ$ dans le groupe contrôle) et une extrusion significative de 0.8 mm (1.2 contre 0.4 mm) des incisives supérieures.

Les molaires supérieures présentent une distalisation significative de 1.6 mm supplémentaire que le groupe contrôle (-0.8 contre $+0.8$) et une intrusion significative de 1.2 mm (-0.6 contre 0.6 mm).

A l'arcade mandibulaire :

Les incisives inférieures se retrouvent après 6 mois de traitement avec le Jasper Jumper, dans l'étude de Küçükkeles, significativement vestibuloversées de 4.4° (IMPA $+4.5$ contre $+0.1^\circ$) et intrusées significativement de 1.6 mm (-1 contre $+0.6$ mm).

Les molaires inférieures présentent une mésialisation significative de 3.5 mm (3.6 contre 0.1 mm), ce mouvement est surtout de la version mais aussi une composante de translation. On observe également une légère extrusion associée de 1.5 mm ($+1.5$ contre 0.0 mm).

En conséquence, le plan d'occlusion présente une rotation horaire dans le groupe traité alors qu'il présente une rotation anti-horaire dans le groupe contrôle.

Effets inter-arcades :

Au niveau inter-arcade, 6 mois de traitement avec le dispositif jasper jumper entraîne une réduction de l'overjet de -5.2 mm (-4.8 contre $+0.4$ mm) et une amélioration de la relation molaire de 5.1 mm. La responsabilité des effets squelettiques ou dento-alvéolaires dans l'étude de Küçükkeles dans ces changements inter-arcades, est résumée dans la figure 2. La réduction de l'overjet et l'amélioration des rapports molaires sont réalisées par 80% d'effets dento-alvéolaires et 20% d'effets squelettiques.

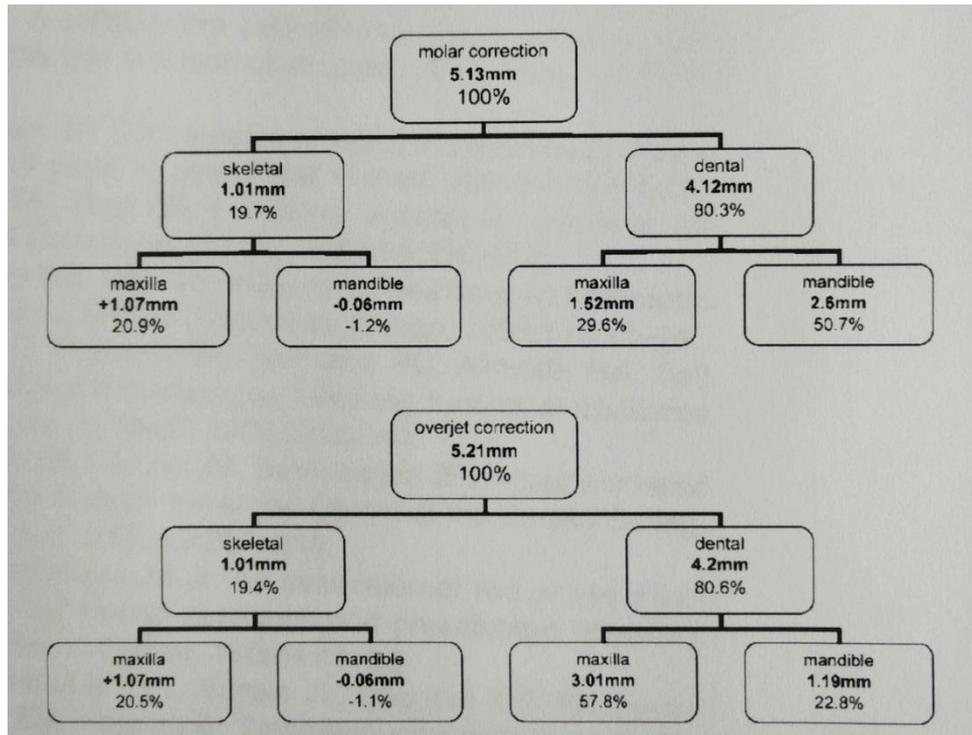


Figure 2 : Diagramme des effets inter-arcades du Jasper Jumper dans l'étude de Küçükkeles (2007)

- Conclusion

Les études de Covell (1999), Nalbantgil (2005), Küçükkeles (2007) et Neves (2014) présentent des résultats s'accordant avec les conclusions de Cope. Ainsi la correction de la classe II par Jasper Jumper (appareil fixe souple) est obtenue quasi uniquement par des effets dento-alvéolaires. Du fait de la prédominance des changements dento-alvéolaires, ce dispositif peut être aussi utilisé aussi chez les patients sans croissance. Ces effets sont décrits de manière similaire par les auteurs. On notera tout de même, que les études réalisées sur le Jasper Jumper sont de faibles niveaux de preuve [3][19][69][74].

I.1.2 Mandibular Advancement Repositioning Appliance (MARA)



Figure 3 : Dispositif du MARA

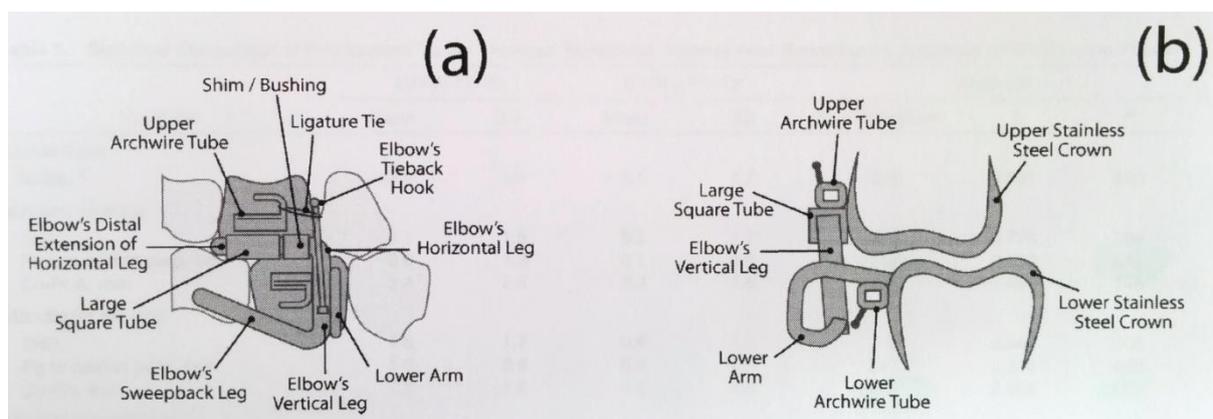


Figure 4 : Le MARA et ses composants, (a) vue sagittale, (b) vue frontale

Lorsque la coopération devient un problème, ou lors des traitements tardifs d'adolescents, le MARA (Figure 3 et 4) peut être une alternative intéressante, dans la mesure où son avantage majeur réside dans la possibilité de l'associer avec d'autres appareillages fixes. Il diffère des autres dispositifs ne nécessitant pas la coopération du patient car il est rigide et ne présente pas de connexion entre l'arcade maxillaire et l'arcade mandibulaire [38].

Les études de Gonner (2007), Siara-Olds (2010) et Ghislanzoni (2011 & 2013) montrent les effets de cet appareil fonctionnel fixe rigide. Les effets optimaux de cet appareil sont obtenus au cours de la puberté et concernent surtout la mandibule. Ainsi en période pubertaire, les

effets sont surtout squelettiques et en période post pubertaire, les effets sont des compensations dento-alvéolaires [38][43][104][37].

Les effets du MARA sont étudiés, sur des patients de 10.2 ans de moyenne dans l'étude de Ghislanzoni (2011) pendant deux périodes [38] :

- immédiatement après la phase active du traitement (14 mois)
- les effets à long terme (1 an après arrêt du traitement actif).

Effets post-traitement actif [38]

Au niveau du traitement de la malocclusion, après 14 mois de traitement, toutes les variables présentent des changements en faveur de la correction.

- Effets squelettiques

En s'intéressant aux effets squelettiques significatifs des patients traités par rapport au groupe contrôle non traité, on observe :

Au maxillaire :

Une restriction de la croissance maxillaire (A to Nasion Perpendicular) : -0.8 mm. Cet effet n'est pas retrouvé dans l'étude de Pangrazio-Kulbersch's [82]. De plus, même si le résultat est significatif sur le plan statistique, au niveau clinique cet effet ne l'est pas.

A la mandibule :

Une augmentation de la longueur mandibulaire totale (Co-Gn) : +2.2 mm, une augmentation de la taille du Ramus (Co-Go) : +2,3 mm, et une position mandibulaire protrusive (SNB) : +1.2°.

Effets inter-maxillaires :

Ces effets sur les bases entraînent un différentiel de croissance entre la mandibule et le maxillaire favorable à la correction (Max/Mand differential +2.8 mm). De même, l'angle ANB se retrouve diminué (-1.4°) et la distance AoBo est réduite de -2.1 m.

- Effets dento-alvéolaires

En s'intéressant aux effets dento-alvéolaires significatifs par rapport au groupe contrôle, on observe :

A l'arcade maxillaire :

Les modifications dento-alvéolaires intéressent seulement la mandibule, aucun effet dento-alvéolaire significatif au maxillaire n'est obtenu.

A l'arcade mandibulaire :

Les effets concernent les incisives et les molaires inférieures. Les incisives présentent une mésialisation (+1 mm) et une vestibuloversion (+5.8°) par rapport au plan mandibulaire après le traitement actif. Les molaires observent une mésialisation (+1.0 mm) et une extrusion (+0.9 mm).

Effets inter-arcades :

Ce dispositif provoque des effets inter-arcades favorables à la correction de la malocclusion étudiée. Après le traitement actif, l'overjet se retrouve réduit de -2.8 mm et la relation molaire améliorée de 2.7 mm.

Effets à long terme [38]

Peu de changements à long terme sont observés ; Cependant, même si ces changements sont mineurs, ils sont tout de même significatifs.

Au niveau squelettique, la restriction de croissance du maxillaire ou « headgear effect » se poursuit durant cette phase (SNA -0.9°).

Au niveau dento-alvéolaire, on observe une récurrence de l'overjet (augmentation) due à une diminution de la vestibuloversion des incisives inférieures (linguoversion de 2.2°).

- Conclusion :

En conclusion, le MARA produit des effets squelettiques favorables (allongement mandibulaire, restriction de la croissance maxillaire, même s'ils sont faibles en quantité), et des changements dento-alvéolaires (diminution de l'overjet et overbite, correction de la relation molaire) qui sont stables à long terme. La vestibuloversion de l'incisive inférieure (+3.3°) reste dans la limite physiologique rapportée dans la littérature (3-7°). Cet effet favorable peut être attribué à la particularité du MARA permettant l'association avec un équipement multiattaches, maintenant ainsi la position de l'incisive mandibulaire. Toutefois, une récurrence de la position de l'incisive inférieure est observée à long terme, aboutissant à une légère augmentation du surplomb [38].

I.1.3 Forsus Fatigue Resistant Device



Figure 5 : Dispositif du Forsus Fatigue Resistant Device

Franchi, dans son étude en 2011, a décrit les effets du Forsus Fatigue Resistant Device (Figure 5) chez des patients de 12 ans sur une période de 2,4 ans, présentant une malocclusion de classe II, par rapport à un groupe contrôle non traité. Dans ce protocole, la correction de la classe II est obtenue dans 87,5% des cas. Elle est réalisée par une combinaison d'effets squelettiques (surtout maxillaires) et dento-alvéolaires (surtout mandibulaires) [33].

- Effets squelettiques [33]

Pour les changements squelettiques, les effets les plus importants se retrouvent au maxillaire. On observe une restriction de la croissance du maxillaire avec une position rétrusive significative de la base osseuse (SNA -2.1° , A to Na perp -1.2 mm, Co-A -1.4 mm). On note également un faible allongement de la longueur mandibulaire (Co-Gn $+1.7$ mm).

Ceci aboutit à une amélioration des rapports inter-maxillaires (ANB -1.7° , AoBo -2.5 mm, M/m diferencial $+2.4$ mm).

On peut noter au niveau vertical, une augmentation de la hauteur faciale inférieure (ANS to Me $+1.3$ mm) des patients sous Forsus.

- **Effets dento-alvéolaires** [33]

Les changements induits sont aussi dento-alvéolaires, et touchent particulièrement l'arcade mandibulaire.

A l'arcade maxillaire :

Les incisives supérieures présentent une rétrusion (U1 to A verticale -1.4 mm / U1 horizontal -1.5 mm) et une extrusion (U1 Vertical +1.0 mm) après le traitement actif de ce dispositif. En revanche, aucune différence significative n'a pu être observée au secteur molaire maxillaire.

A l'arcade mandibulaire :

On observe des modifications dento-alvéolaires plus importantes avec une intrusion (L1 Verticale -2.0 mm) et une vestibuloversion (L1 to Md +5.2°) des incisives inférieures accompagnées d'une extrusion (L6 Vertical +2.2 mm) et d'une mésialisation (L6 Horizontal +1.5 mm) de la première molaire mandibulaire.

Effets inter-arcades :

Les patients avec l'appareil Forsus par rapport au groupe contrôle présentent une amélioration des rapports sagittaux, en faveur de la correction de la malocclusion de Classe II : overjet -5.5 mm, overbite -2.4 mm, relation molaire -3.4 mm.

Ces changements sont similaires à l'étude de Jones (2008) [49].

- **Conclusion** [86]

Le FFRD présente des effets pauvres sur le maxillaire (surtout squelettiques) et des effets sur la mandibule (surtout dento-alvéolaires) favorables à la correction de la malocclusion de Classe II.

Dispositifs Fixe	Effets Squelettiques		Effets dento-alvéolaires			Stabilité
	Base Maxillaire	Base Mandibulaire	Arcade Maxillaire	Arcade Mandibulaire	Inter-Arcade	
Jasper Jumper	Restriction de croissance minimale (-0.5 mm)	Aucun effet significatif	Incisives : Rétrusion (-5.0°) Extrusion (0.8 mm) Molaire : Distalisation (-1.6 mm) Intrusion (1.2 mm)	Incisives : Protrusion (+4.4°) Intrusion (1.6 mm) Molaire : Mésialisation (+3.5 mm) Extrusion (1.5 mm)	Overjet : -5.1 mm Relation Molaire : -5.1 mm	
MARA	Restriction de croissance minimale (-0.8 mm)	Allongement de la longueur mandibulaire (+2.2 mm)	Aucun effet significatif	Incisives : Mésialisation (+1.0 mm) Vestibuloversion (+5.8°) Molaire : Mésialisation (+1.0 mm) Extrusion (+0.9 mm)	Overjet : -2.8 mm Relation Molaire : -2.7 mm AoBo : -2.1 mm	Restriction croissance maxillaire (SNA -0.9°) Linguoversion incisives inférieures (2.2°)
Forsus Fatigue Resistant Device	Restriction de croissance minimale (-1.2 mm)	Allongement faible de la longueur mandibulaire (+1.7 mm)	Incisives : Rétrusion (1.5 mm) Extrusion (+1.0 mm) Molaire : Aucun effet significatif	Incisives : Intrusion (-2.0 mm) Vestibuloversion (+5.2°) Molaire : Mésialisation (+1.5 mm) Extrusion (+2.2 mm)	Overjet : -5.5 mm Relation Molaire : -3.4 mm AoBo : -2.5 mm	

Tableau 1 : Effets des dispositifs orthopédiques fixes

I.2 Effets des appareils amovibles

I.2.1 Fränkel II



Figure 6 : Dispositif du Fränkel II

La nature des effets de cet appareil orthopédique fonctionnel (Figure 6) a largement été débattue dans la littérature : quelques résultats controversés dans diverses études portant sur le Fränkel concluent en une absence d'effet squelettique significatif [40][93][46][73][18][12], d'autres études concluent en une restriction de la croissance maxillaire [21][75][92][100]. Enfin certaines études démontrent une augmentation de la taille mandibulaire [21][65][50][67][107][2]. La stabilité à long terme a aussi été étudiée [30][85].

- Effets Squelettiques

Effets sur le maxillaire :

Dans l'étude des effets à long terme du Frankel II réalisée par Freeman & Al, on observe un recul significatif du point A par rapport à la perpendiculaire au Nasion (-1.5 mm) des patients porteur de l'appareil, comparé aux patients sans traitement, traduisant ainsi une restriction de croissance maxillaire. Cependant, on observe également que les mesures de l'angle SNA et Co-Point A ne présentent aucune différence entre les deux groupes [36].

Creekmore (1983), Nielsen (1984), Righellis (1983) et Rushforth (1999) trouvent un effet restrictif du FR-II sur la croissance maxillaire [21][75][92][100].

Beaucoup d'auteurs démontrent surtout que les effets du FR-II sur le maxillaire sont vraiment minimes et sans impact clinique réel [46][50][65][107][85][2].

Au niveau vertical, une rotation horaire significative du plan palatin a été décrite par Freeman chez les patients porteurs du FR-II (2.6°) par rapport à ceux sans traitement (0.7°).

Effets sur la mandibule :

Les effets du FR-II sur la mandibule ont été examinés dans de nombreuses études. Plusieurs concluent à des changements minimes de la taille mandibulaire [18][40][12] tandis que d'autres ont reporté une augmentation significative de la taille mandibulaire [21][92][50][107][2][30][85].

Une méta-analyse de la littérature (Figure 7), réalisée par Perillo & al en 2011, évalue les changements mandibulaires. Ils considèrent la longueur du corpus avec les mesures Go-Pg, Go-Me, et Go-Gn, la longueur mandibulaire totale Co-Gn, Ar-Pg, Ar-B, Ar-M, Co-Pg, et Ar-Gn, et enfin la taille du ramus avec Co-Go et Ar-Go [84] :

- Longueur du corps (Go-Pg, Go-Me, et Go-Gn) : Le FR-2 est associé à une augmentation statistiquement significative de la longueur du corpus de l'ordre de 0.40 mm par an.

- Longueur mandibulaire totale (Co-Gn, Ar-Pg, Ar-B, Ar-M, Co-Pg, et Ar-Gn) : augmentation de 1.069 mm par an de la longueur totale après traitement avec un FR-2.
- Taille du ramus (Co-Go et Ar-Go) : une différence significative est obtenue pour les études utilisant la mesure Co-Go, mais aucune différence n'est trouvée pour la mesure (Ar-Go). L'appareil FR-2 est associé à une augmentation significative de la taille du ramus de 0.654 mm par an comparé, à un groupe de patient non traité.

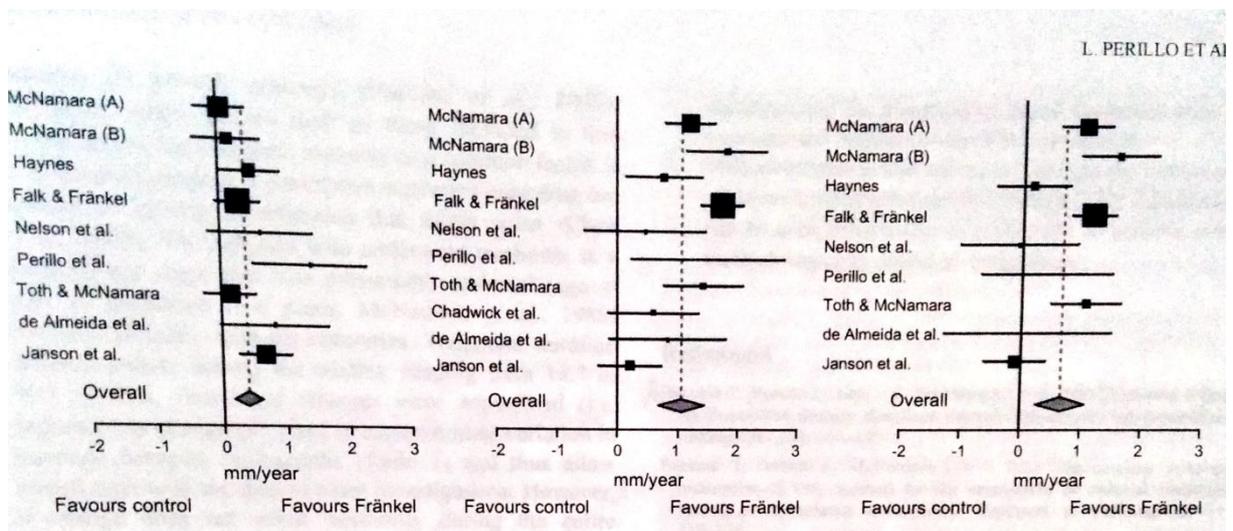


Figure 7 : Résultat de la méta-analyse de Perillo pour la longueur du corps de la mandibule (à gauche), la longueur mandibulaire totale (au centre), et pour la taille du ramus (à droite) sur des patients traités par l'appareil fonctionnel FR-2 versus des patients non traités

Cozza, en 2006 a déterminé le coefficient d'efficacité du FR-2 sur l'allongement mandibulaire : 0.09 mm/mois. Comparé aux Bielles de Herbst, Twin-Block & Bionator, le FR-2 présente le coefficient d'efficacité le plus faible [20].

L'étude des effets à long terme du FR-2 de Freeman (2009) confirme ces effets. L'étude montre une augmentation de l'angle SNB de 1.7° dans le groupe traité. Les résultats montrent également une augmentation de la longueur mandibulaire dans le groupe FR-2 de 3 mm par rapport au groupe non traité [36].

- Effets inter-maxillaires

Les meilleurs effets squelettiques du FR-2 semblent être obtenus lorsque l'on compare les relations sagittales entre le maxillaire et la mandibule. Freeman examine ces rapports et trouve une valeur de l'angle ANB et d'AoBo significativement diminuée chez les patients traités par l'appareil fonctionnel comparé au groupe contrôle sans traitement. L'angle ANB diminue de plus de 2° et la valeur d'AoBo diminue d'environ 5 mm [36].

Au niveau vertical, quelques études montrent une hauteur de l'étage facial inférieur diminuée immédiatement après traitement [21][65][91]. Cependant, dans l'étude de Freeman, aucune différence significative n'a pu être mise en évidence entre les 2 groupes au sujet de l'angle du plan mandibulaire, de l'angle goniale, de la hauteur de l'étage inférieur de la face, et/ou de la hauteur faciale postérieure [36].

- Effets dento-alvéolaires [36]

A l'arcade maxillaire :

Fränkel & Fränkel (1989) affirment que l'effet de l'écran labial maxillaire du FR-2 permet de ne pas modifier la position ou l'axe de l'incisive supérieure.

Cependant, l'étude de Freeman prouve que l'inclinaison axiale de l'incisive maxillaire change significativement chez les patients traités par FR-2 comparé au groupe contrôle. Le port du FR-2 entraîne une palatoversion d'environ 3° (U1-SN) par rapport au groupe contrôle. De plus, la valeur de la distance U1 to Point A vertical dans le groupe FR-2 ne diffère pas pendant toute la période d'évaluation, tandis que dans le groupe contrôle la valeur de cette mesure augmente de 1.4 mm, témoignant de la rétrusion de l'incisive [18]. Ces résultats concordent avec ceux retrouvés dans la littérature [21][65][67][91].

A l'arcade mandibulaire :

Rolf Frankel maintient que le FR-2 ne peut pas provoquer de vestibuloversion active de l'incisive mandibulaire car l'écran lingual n'est pas au contact des incisives. Beaucoup d'auteurs sont en désaccord avec cette affirmation et montrent une vestibuloversion des incisives après traitement avec FR-II [93][12][21][67][91].

L'étude de Freeman est aussi en désaccord avec les affirmations de Fränkel. La valeur de L1-APg augmente significativement dans le groupe FR-2 (2.7 mm) comparé au groupe contrôle (0 mm).

Dans les classes II division 1, la lèvre inférieure est prise au piège en-dessous des incisives maxillaires, ce qui entraîne une linguoversion des incisives mandibulaires. L'écran labial inférieur du FR-2 reste dans le sillon labio-mentonnier, entraînant ainsi une élévation de la lèvre inférieure induisant un contact normal avec la lèvre supérieure. Frankel (1980) indique que l'écran labial inférieur associé à des exercices labiaux peut entraîner une ré-organisation mentale et musculaire de la sphère orale. Ces changements musculaires et de posture labiale peuvent aussi être associés à une légère vestibuloversion des incisives mandibulaires.

Effets inter-arcades :

Les valeurs de l'overjet et l'overbite diminuent significativement chez les patients traités par Frankel II. L'overjet diminue d'environ 4.6 mm et l'overbite de 2.9 mm comparé au groupe contrôle sans traitement. Il existe également une différence significative dans la relation entre la première molaire maxillaire et son homologue mandibulaire. Dans le groupe traité, l'amélioration du rapport molaire sagittal est de 4.7 mm tandis que dans le groupe contrôle l'amélioration est de 0.7 mm.

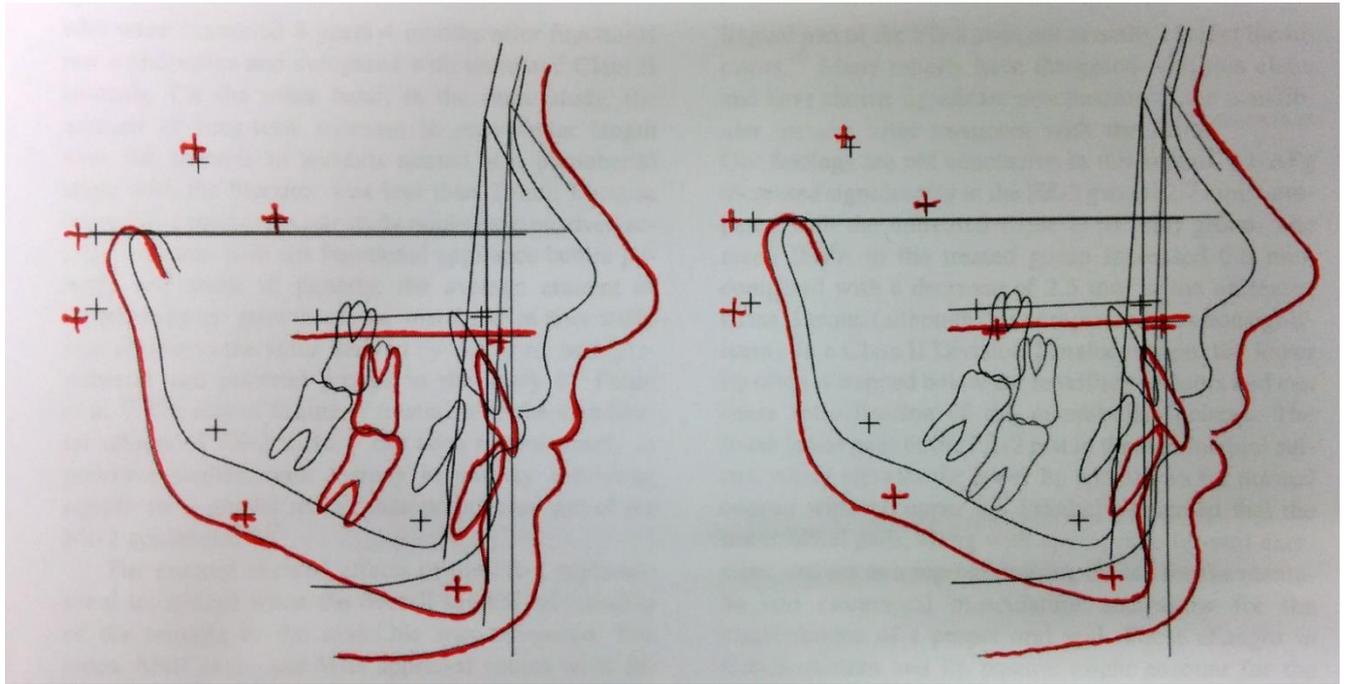


Figure 8 : A gauche, la configuration dento-squelettique moyenne du groupe traité par FR-2, avant traitement (ligne noire) et après traitement (ligne rouge). A droite, la configuration dento-squelettique moyenne du groupe non traité, avant traitement (ligne noire) et après traitement (ligne rouge). [36]

- Conclusion

Le FR-2 a un effet favorable, squelettique et/ou dento-alvéolaire dans la correction de la classe II avec une réduction de l'overjet d'environ 4 mm (le Frankel II présente l'un des plus bas coefficients d'efficacité dans la correction de la classe II comparé aux autres appareils fonctionnels (Herbst, Twin-Block)). Cependant, les malocclusions de classe II nécessitent une correction molaire d'environ 4 à 6 mm (Johnston, 1986), ainsi l'impact ou l'apport clinique de cet appareil est modéré voire faible (donc peu significatif cliniquement) car le FR-2 ne peut apporter qu'une contribution partielle à la correction de cette malocclusion.

Cependant, l'hétérogénéité des résultats des études, leur faible niveau de preuve (les neuf études sont qualifiées de faible ou moyen niveau), la différence d'âge civil de début de traitement (8.0 à 11.7 ans), ou de la durée de traitement (14.7 jusqu'à 36.5 mois), ainsi que

l'inconstance des caractéristiques initiales des patients, tempèrent ces conclusions. Une approche sous forme d' «evidence-based» avec le traitement FR-2, en sélectionnant des groupes d'enfants avec des caractéristiques céphalométriques similaires et en les comparant avec ou sans traitement, est donc nécessaire pour évaluer les bénéfices de cet appareil orthopédique.

I.2.2 Bielle de Herbst

De la multitude d'appareils fonctionnels employés pour corriger la malocclusion de classe II, la Bielle de Herbst (Figure 9) est l'une des plus étudiée. Plusieurs revues de la littérature permettent d'analyser les effets dento-alvéolaires et squelettiques du HB, Banded-type ou Splint-type [86][103][32] Shen 2005, Flores-Mir 2007, Perinetti 2014.).



Figure 9 : Dispositif du Bielle de Herbst

Effets post-traitements actif (Figure 10)

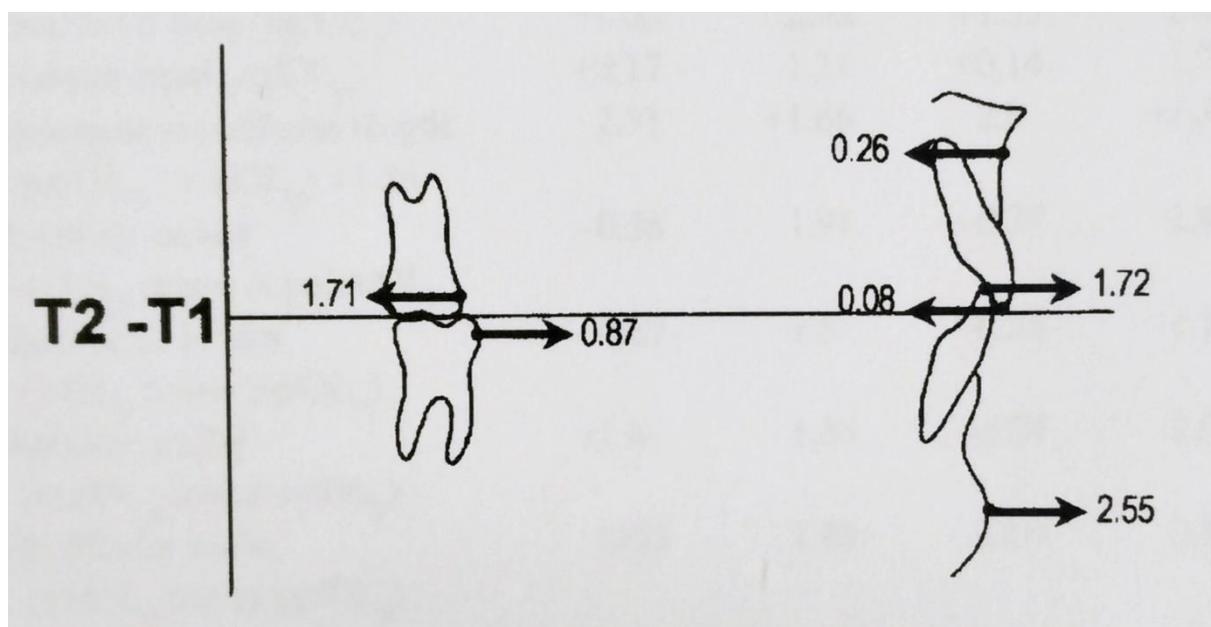


Figure 10 : Effets post-traitement actif engendrés par la Bielle de Herbst dans l'étude de Franchi (1999)[34]

- Effets squelettiques

Effets sur le maxillaire :

Selon la revue de Flores-Mir (2007) étudiant les effets des Bielles de Herbst (Splint-type), quelques changements sur la position antéro-postérieure du maxillaire sont rapportés. Cependant, ceux-ci ne sont pas cliniquement et statistiquement significatifs car ils sont inférieurs à 1 mm [32][105].

Dans la revue de Perinetti (2014) sur les activateurs fixes, incluant l'étude de Baccetti (2009) et Franchi (1999) pour étudier le dispositif de Herbst, on observe des résultats similaires. La base maxillaire présente une position plus rétrusive, en 12 mois de traitement par rapport au

groupe contrôle non traité, mais les valeurs de cette position ne sont pas statistiquement (et encore moins cliniquement) significatives (A/Olp : -0.26 mm) dans l'étude de Franchi (1999) [86][6][34].

La plupart des études présentent les mêmes conclusions : à court-terme, la Bielle de Herbst fixe ou amovible, permet une très faible restriction de la croissance maxillaire, et à long-terme aucun effet sur le complexe du maxillaire n'est prouvé [77].

Ainsi la part de responsabilité du maxillaire dans la correction de la classe II est plus que mineure.

Effets sur la mandibule :

Les effets des Bielles de Herbst sur la mandibule ont été documentés de nombreuses fois dans la littérature. La plupart des auteurs s'accordent dans la direction des effets mais dans des proportions différentes en fonction du type de Bielles, « banded » ou « splint » type.

Dans l'étude de Baccetti, deux valeurs céphalométriques sur 4 présentent des différences statistiquement significatives entre le groupe traité pendant 12 mois et le groupe contrôle. La valeur de Co-Gn augmente de 2.9 mm (8.1 contre 5.2 mm) et la distance Pg to Na Perp augmente également de 1.9 mm [6].

Ces valeurs d'augmentation significative de la longueur mandibulaire (Co-Gn) des groupes traités par le dispositif de Herbst par rapport aux groupes contrôles non traités sont en accord avec la littérature :

- +2.0 mm en 6 mois dans l'étude de Panchez (1985) [78]
- +2.7 mm en 12 mois dans l'étude de McNamara (1990) [67]
- +3.5 mm en 12 mois dans l'étude de Windmiller (1993) [120]
- +2.7 mm en 12 mois dans l'étude de Franchi (1999) [34]

Cozza a déterminé le coefficient d'efficacité des Bielles de Herbst à 0.28mm/mois [20].

Effets inter-maxillaires :

Dans l'étude de Baccetti, on observe une différence statistiquement significative entre les groupes pour 3 valeurs :

- ANB diminue de -1.7° (-1.9 contre -0.2°)
- AoBo diminue de -3.1 mm (-2.6 contre 0.5 mm)
- Max/Mand différentiel augmente de 2.5 mm (5.2 contre 2.7 mm)

Ainsi ces valeurs sont en faveur de la correction de la malocclusion. [6]

Effets verticaux :

Les effets verticaux de ce dispositif chez les patients traités sont faibles. Dans l'étude de Franchi (1999) on n'observe aucune différence significative entre les groupes [34].

Baccetti, lui, conclue en une augmentation légère mais significative de la hauteur de l'étage inférieur de la face (ANS to Me $+1.6$ mm). Cependant, aucune modification n'est observée concernant la valeur de l'angle du plan mandibulaire, du plan palatin ou la valeur de l'angle gonique [6]. Ces résultats sont similaires à ceux de Panchez [78].

- **Effets dento-alvéolaires**

A l'arcade maxillaire :

Aucun effet significatif n'a été reporté par Franchi (1999), Flores-Mir (2007), Baccetti (2009) ou Perinetti (2014) concernant les incisives supérieures [34][32][6][86].

La revue de Flores-Mir conclue à une différence significative de la position de la première molaire supérieure chez le groupe traité par rapport au groupe non traité. Cette molaire se retrouve plus rétruse (1.5 à 5.4 mm), légèrement plus intruse (-0.9 mm) et plus distoversée (5.6°) après traitement [32].

Baccetti (2009) conclue à une absence d'effet de ce dispositif sur les molaires supérieures [6].

A l'arcade mandibulaire :

Dans la revue de Flores-Mir, les incisives mandibulaires se retrouvent en position protrusive (1.5 à 4 mm), vestibuloversée (3.2 à 4.5 mm) et extruse (5.3°) après traitement avec cet appareil fonctionnel.

Les molaires mandibulaires se retrouvent aussi en position plus mésiale (0.8 à 3.6mm) mais en revanche, on ne note aucune vestibuloversion ou extrusion de ces molaires [32].

Effets inter-arcades :

Selon Flores-Mir, l'appareil entraîne comme effet une diminution significative de l'overjet (-4.6 à 5.6 mm) et de l'overbite (-2.5 mm) [32]. Selon Baccetti (2009), le dispositif entraîne, pour une durée de 12 mois chez des patient âgés de 12 ans et 10 mois, une réduction de l'overjet de -4.6 mm et une correction de la relation molaire de -5.38 mm [6].

En revanche, la contribution de la part squelettique et dento-alvéolaire dans la correction de la Classe II est controversée dans la littérature...

Baysal & Uysal (2013) concluent, dans le diagramme de la figure 11, que la correction de l'overjet se fait par 30% d'effets squelettiques et 70% d'effets dentaires, et que la correction molaire se fait par 37% d'effets squelettiques et 63% d'effets dentaires [8].

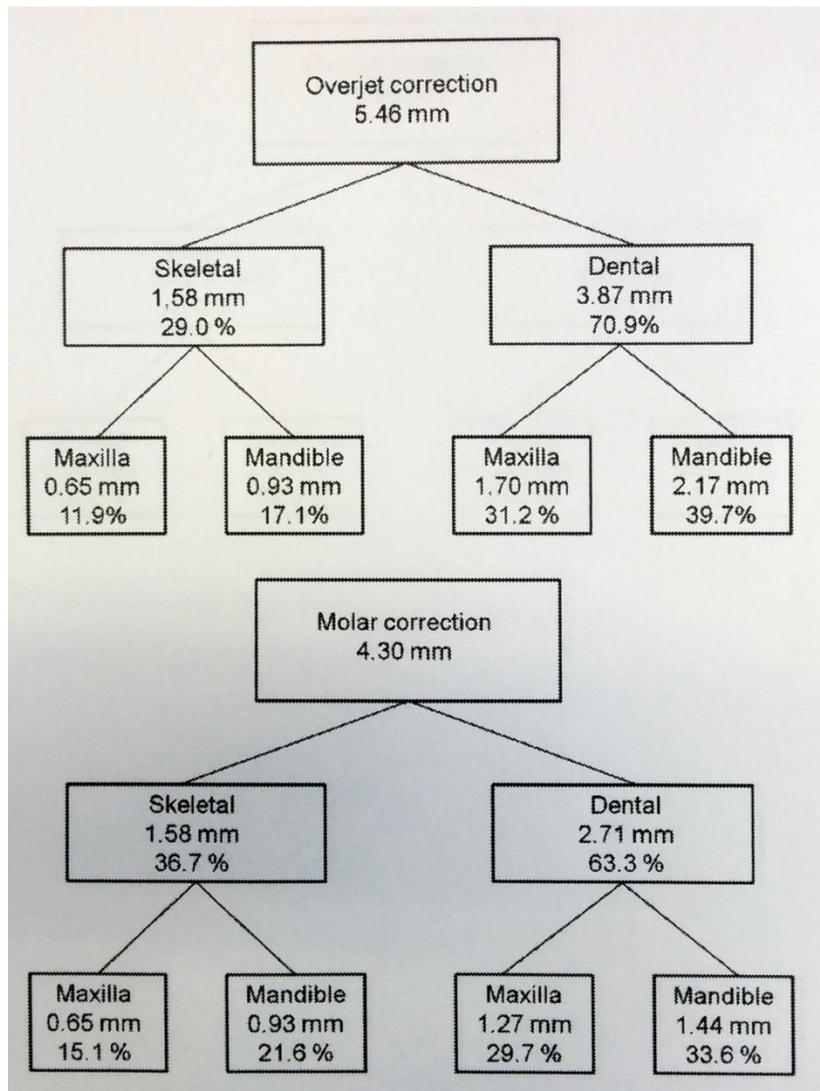


Figure 11 : Diagramme des effets dento-squelettiques des Bielles de Herbst en post-traitement, contribuant à la réduction de l’overjet et à la correction de la relation molaire dans l’étude de Baysal & Uysal (2013) [8]

Tandis que Franchi (1999) conclue, de la même manière dans le diagramme de la figure 12, que la correction molaire se fait par 52% d’effets squelettiques et 48% d’effets dentaires. Cependant la correction de l’overjet se fait par 60 % d’effets squelettiques et 40 % d’effets dento-alvéolaires [34].

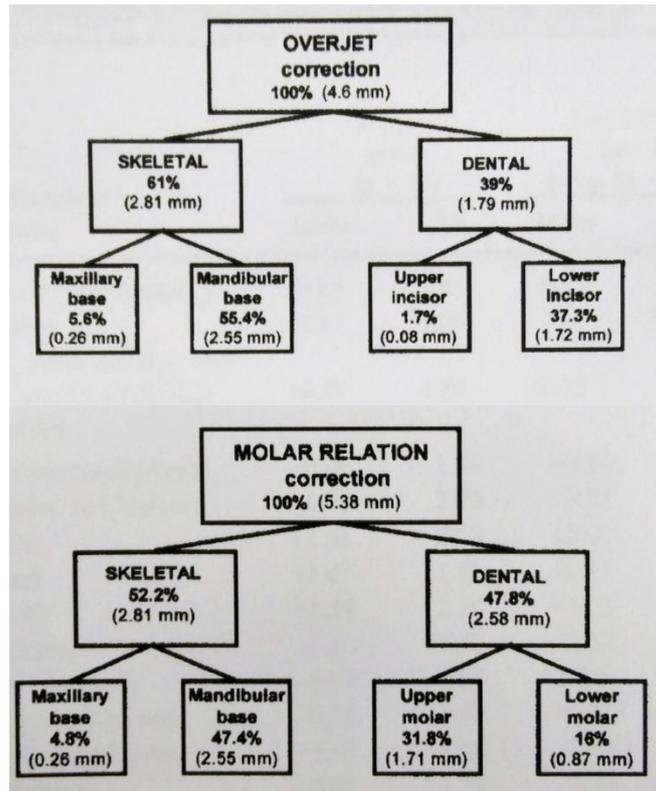


Figure 12 : Diagramme des effets dento-squelettiques des Bielles de Herbst en post-traitement actif, contribuant à la réduction de l'overjet et à la correction de la relation molaire dans l'étude de Franchi (1999) [34]

Effets à long terme (Figure 13)

Le travail de Franchi étudie les effets à long terme du Bielle de Herbst. Deux ans et demi après la fin du traitement actif, les patients traités présentent par rapport au groupe contrôle, une récidence de l'overjet (augmentation de +0.6 mm) et de la correction molaire (+1.6 mm).

Cette récidence est surtout dento-alvéolaire et en particulier due à un rebond de la position de la première molaire supérieure (+1.84 mm). Au niveau squelettique, on observe tout de même, une légère récidence de la longueur mandibulaire totale (Co-Pg -0.43 mm) [34].

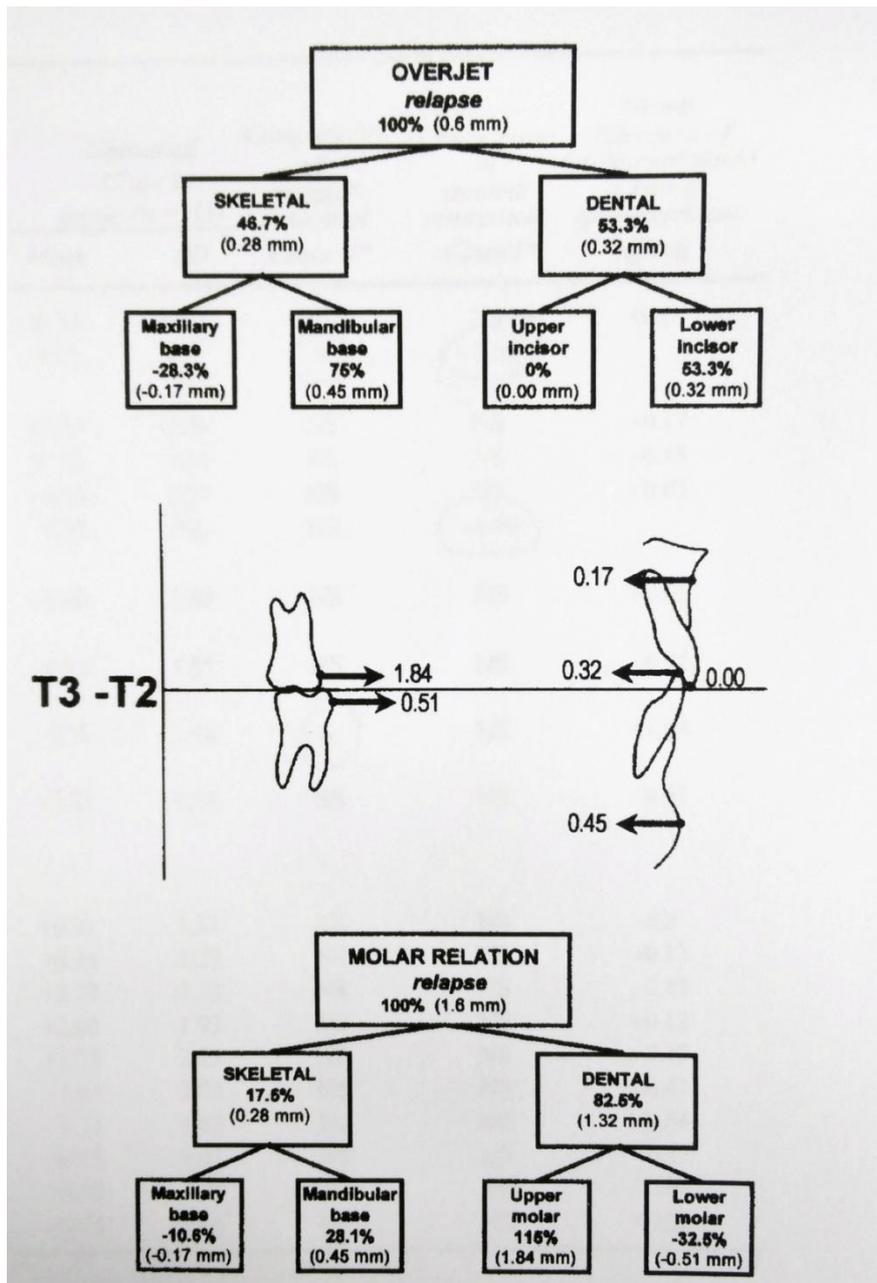


Figure 13 : Diagramme des effets dento-squelettiques des Bielles de Herbst durant la période de suivi, contribuant à la récédive de l'overjet et de la relation molaire dans l'étude de Franchi (1999) [34]

Conclusion :

La Bielle de Herbst induit donc des effets favorables significatifs dans le traitement de la classe II par des modifications à la fois squelettiques et dento-alvéolaires pour la plupart mandibulaires (mouvement mésial de l'arcade, augmentation de la dimension mandibulaire associés à une position plus protrusive). Les effets sur le maxillaire sont en revanche très minimes et ne touchent quasiment que la molaire supérieure (mouvement de distalisation)

KONIK et coll. ont mis en évidence que le traitement par bielles de Herbst est aussi efficace chez les patients traités juste avant leur pic de croissance que chez ceux qui ont dépassé ce pic. Par contre, les patients traités précocement (avant le pic) présentent une perte d'ancrage et une vestibuloversion de l'incisive inférieure moindre que ceux traités tardivement ; ces considérations doivent donc être prises en compte dans le choix du moment de traitement [54].

Néanmoins, il convient de modérer ces conclusions sur les phénomènes squelettiques et dento-alvéolaires induits par les Bielles de Herbst.

En effet, même si les études s'accordent sur certains points, il est important de noter que les groupes étudiés ne sont pas homogènes selon les études (nombre de patients étudiés, âge, denture, stade de croissance), les appareillages ne sont pas construits de la même façon (fixe, amovible, avec ou sans recouvrement occlusal, sur bagues ou sur gouttières...), les lignes et points de références permettant de réaliser les mesures différent d'une étude à l'autre ; enfin, le nombre d'heures de port par jour n'est pas indiqué dans toutes les études. Tous ces multiples éléments apportent des biais dans les études.

I.2.3 Twin-Block (TB)

En dehors des Bielles de Herbst, un autre appareil fonctionnel présente une augmentation certaine de son utilisation au cours de la dernière décennie, c'est le Twin-Block (figure 14). Les effets de cet appareil sont étudiés, par rapport à un groupe contrôle, dans peu d'études. Celles de Toth (1999), Lund & Sandler (1998) et Mills & McCulloch (2000) en font partie [107][61][68]. Le travail de Mills permet une étude des effets à long terme de ce dispositif [29].



Figure 14 : Dispositif du Twin-Block

Effets post-traitements actif

- Effets Squelettiques

Effets sur le maxillaire :

Les résultats de l'étude de Toth & McNamara (1999) révèlent des changements minimes du maxillaire des patients traités par TB pendant 16 mois par rapport à des patients sans traitement. Même si on observe une diminution statistiquement significative de la distance A to Na perp (-0.8 mm) des patients traités par rapport au groupe contrôle, aucune différence significative n'est obtenue pour les mesures de SNA, Co to A et Co to ANS. Ainsi le bénéfice clinique de restriction de la croissance maxillaire dans la correction de la Classe II n'est pas vraiment formel [107].

De plus, les superpositions évaluant les modifications du maxillaire par rapport à la base du crâne (Ant maxillaHorz, Ant maxilla vert, Post maxilla horz et Post maxilla vert) confirment ce résultat. Aucune différence significative n'existe entre les deux groupes [107].

Cette conclusion est en accord avec la majorité des autres études [61][76][8]. Mills & McCulloch ont reporté une différence significative 0.6 mm entre le groupe contrôle et les patients traités sur une période de 14 mois [68].

Effets sur la mandibule :

Toujours dans l'étude de Toth, il existe une différence significative sur toutes les mesures squelettique de la mandibule des patients traités par TB par rapport au groupe contrôle (SNB, Na perp to Pog, Ar to Gn, Go to Pog, Go to Gn) [107].

On observe une augmentation statistiquement significative de la longueur mandibulaire comparé au groupe contrôle dans le groupe Twin-Block. L'augmentation supplémentaire pour la valeur de Co to Gn est de 3 mm en 16 mois de traitement (5.7 mm contre 2.7 mm dans le groupe contrôle). On peut noter également une déviation standard large de cette valeur signifiant que tous les patients ne répondent pas favorablement au traitement de cet appareil.

Lund & Sandler ont rapporté en comparaison une augmentation de 2.4mm de la distance Ar to Gn pour 12 mois de traitement [61], et Mills & McCulloch ont rapporté une meilleure augmentation de 4.2 mm des patients traités pendant 14 mois par rapport à ceux qui ne le sont pas (6.5 mm contre 2.3mm) [68].

Il est intéressant de noter que l'augmentation moyenne de la longueur mandibulaire par rapport au groupe contrôle est similaire dans les trois études :

- 2.4 mm/an dans l'étude de Lund [61]
- 2.25 mm/an dans l'étude de Toth [107]
- 2.76 mm/an dans l'étude de Mills [68]

Cozza a déterminé le coefficient d'efficacité du Twin Block à 0.23 mm/mois [20].

L'angle SNB augmente significativement de +1.3° chez les patients traités dans l'étude de Toth par rapport au groupe contrôle (1.6° contre 0.3°) et +2.2° dans l'étude de Mills [68].

Ces observations sont aussi retrouvées dans de nombreuses études sur cet appareil fonctionnel (Pancherz 1979, 1982, Falck 1989, ...).

Effets inter-maxillaires :

Le Twin-Block produit des effets maxillo-mandibulaires statistiquement significatifs sur 4 mesures sur les patients porteurs du TB, comparé au groupe contrôle composé de patients sans traitement, dans l'étude de Toth :

- angle ANB est diminué de -1.8° (-1.8° contre 0.0°)
- AoBo diminue de 4 mm (-3.7 mm contre 0.3 mm)
- Angle du plan facial +0.9° (1.3° contre 0.4°)
- Différentiel max/mand +3.3mm (4.4 mm contre 1.1 mm)

Mills publie des effets maxillo-mandibulaires significatifs similaires à Toth [68][107].

Effets verticaux :

Selon Clark, le contrôle du sens vertical est l'un des supposés bénéfiques du TB. Ceci est dû à l'interposition de résine en occlusal pouvant inhiber l'éruption molaire chez les patients dont l'augmentation de la hauteur faciale est indésirable. Cette résine peut aussi être modifiée en faveur d'une éruption des secteurs postérieurs lorsque l'augmentation de l'étage inférieur du patient est un des objectifs de traitement.

Dans l'étude de Toth, les patients avec Twin-Block présentent une augmentation significative de l'étage inférieur antérieur de la face (ANS to Me) de +1.9 mm (3.0 mm contre 2.1 mm) et une augmentation significative de +1.7 mm (3.2 mm contre 1.5 mm) de la portion postérieure de la face (Co-Go) par rapport au groupe contrôle. De plus, l'angle du plan mandibulaire est augmenté de +2.1 ° (1.8° contre -0.3°) chez les patients sous traitement avec l'appareil fonctionnel. Aucune différence significative n'est enregistrée pour les mesures de l'angle de l'axe facial et pour l'étage supérieur de la face [107].

Ces résultats concordent avec ceux de Lund & Sandler, reportant 2.6 mm d'augmentation de la hauteur faciale totale chez les patients TB par rapport aux patients contrôles [61]. Mills and McCulloch ont reporté des valeurs similaires [68].

- **Effets dento-alvéolaires** [107][68][61]

Effets sur l'arcade maxillaire

Dans l'étude de Toth et en comparaison avec le groupe contrôle sans traitement, le Twin-Block provoque:

- Au niveau des incisives, une distalisation de 1.4 mm (U1 horiz : -0.1 contre 1.3 mm), une extrusion de 1 mm (U1 vert : 2.4 contre 1.4 mm) et une palatoversion de 4.4° (U1 to SN : -4.3 contre 0.1°).

Mills conclue aux mêmes effets, et dans des proportions similaires.

- Au niveau molaire, une distalisation de 2.1 mm (U6 horiz : -0.6 contre 1.5 mm). Dans le sens vertical de la molaire supérieure (U6 vert) aucune différence statistiquement significative n'est relevée.

Lund & Sandler, de même que Mills & McCulloch ont noté aussi une distalisation molaire de 1.6 mm ainsi qu'une extrusion de la première molaire, probablement due à une distoversion qu'à une réelle extrusion pure.

Effets sur l'arcade mandibulaire :

Dans l'étude de Toth et en comparaison avec le groupe contrôle sans traitement, le Twin-Block provoque :

- Au niveau des incisives, une mésialisation de 1.6mm (L1 horiz : 1.0 contre -0.4 mm), une vestibuloversion de 2.6° (IMPA : 2.4 contre 0.2°). Aucune différence statistiquement significative n'est notée dans le sens vertical (L1 vert).

Mills & McCulloch ont trouvé une proclinaison similaire des incisives inférieures (3.6°), de même que Lund & Sandler avec une proclinaison encore supérieure (7°).

- Au niveau des molaires, pas de différence significative retrouvée dans le sens sagittal. Une extrusion de 1.5 mm (U6 vert : 2.9 contre 1.4 mm) est observée.

Mills & McCulloch ont décrit une extrusion de 1.7 mm (2.3 contre 0.6) avec une tendance légère à la mésialisation et Lund & Sandler une extrusion de 1.0 mm supplémentaire par rapport au groupe contrôle accompagnée d'une mésialisation significative de 2.3 mm.

Effets inter-arcades :

Dans l'étude de Toth, les patients traités par TB présentent après 16 mois, un overjet diminué significativement de -3.9 mm et un overbite diminué de -2.8 mm par rapport au groupe contrôle.

En revanche, la contribution de la part squelettique et dento-alvéolaire dans la correction de la Classe II est controversée dans la littérature.

Baysal & Uysal (2013) concluent, dans le diagramme de la figure 15, que la correction molaire et de l'overjet se fait par 70% d'effets squelettiques et 30% d'effets dentaires [8].

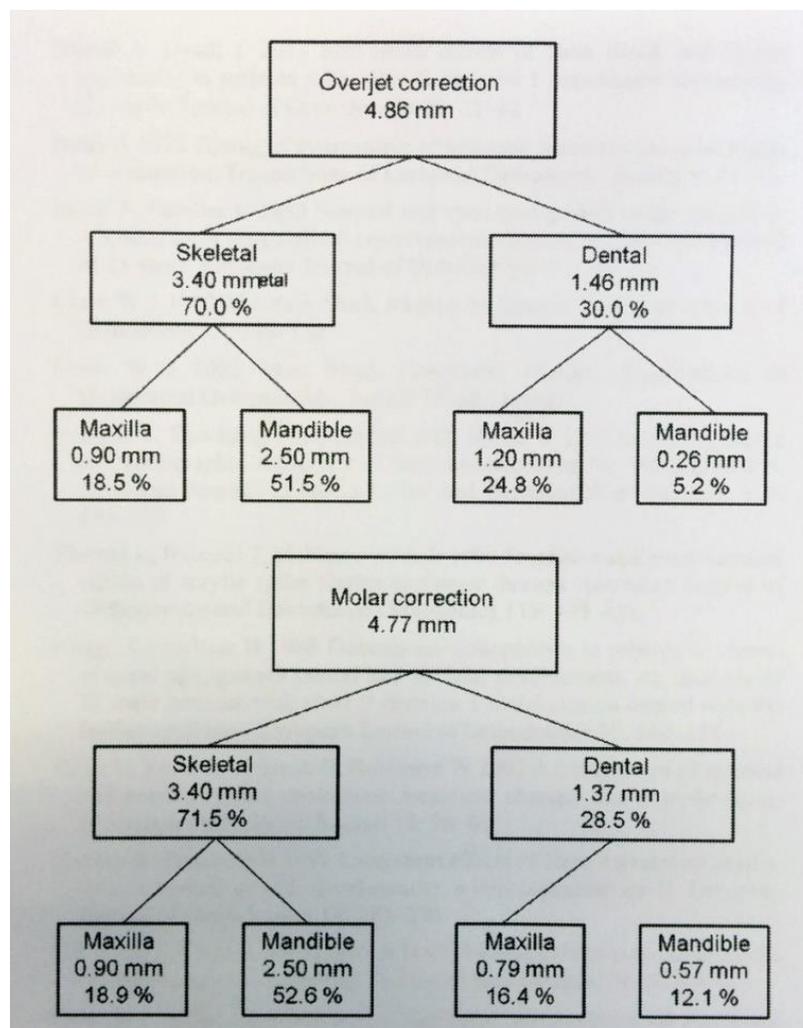


Figure 15 : Diagramme des effets dento-squelettiques du Twin-block en post-traitement, contribuant à la réduction de l'overjet et à la correction de la relation molaire dans l'étude de Baysal & Uysal (2013) [8]

Tandis qu'O'Brien (2003) conclut dans le diagramme de la figure 16, que la correction molaire se fait par 40% d'effets squelettiques et 60% d'effets dentaires, la correction de l'overjet se fait par 30% d'effets squelettiques et 70% d'effets dento-alvéolaires [76].

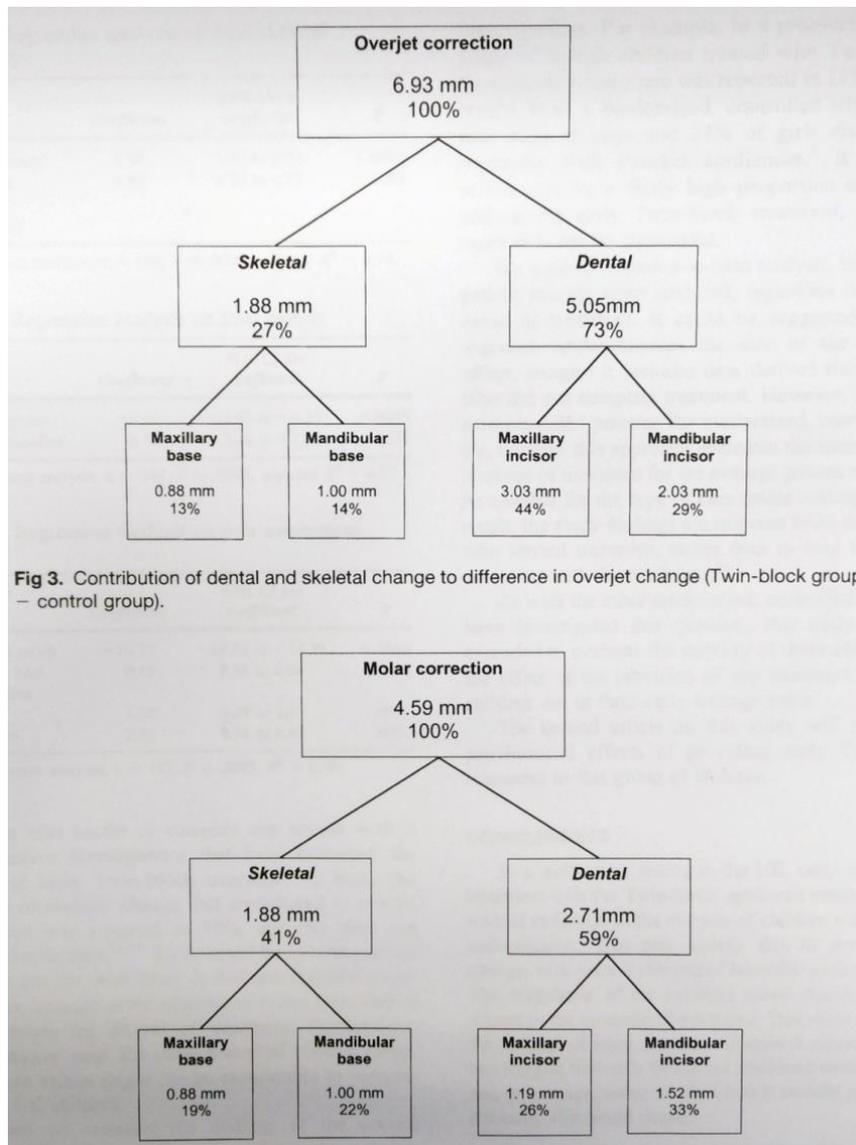


Fig 3. Contribution of dental and skeletal change to difference in overjet change (Twin-block group – control group).

Figure 16 : Diagramme des effets dento-squelettiques du Twin-block en post-traitement, contribuant à la réduction de l'overjet et à la correction de la relation molaire dans l'étude de O'Brien (2003)

Effets à long terme [68]

Mills (2000), dans son étude, a prolongé les investigations du groupe traité par Twin-Block et du groupe contrôle sur une période de 3 ans après traitement.

Sur les trente-et-une valeurs céphalométriques, seulement cinq montrent des différences statistiquement significatives entre le groupe traité par TB et le groupe contrôle. Sur ces cinq valeurs, quatre sont des mesures dentaires et une est squelettique (taille du ramus Co-Go).

- Effets squelettiques

Entre la fin du traitement actif (âge moyen : 10 ans et 5 mois) et la période d'analyse (âge moyen : 13 ans et 1 mois), la taille du ramus (Co-Go) augmente de 2.7 mm chez les patients du groupe traité, tandis qu'elle augmente de 4.3 mm chez les patients du groupe contrôle (figure 17). Cette différence de -1.6 mm est statistiquement significative.

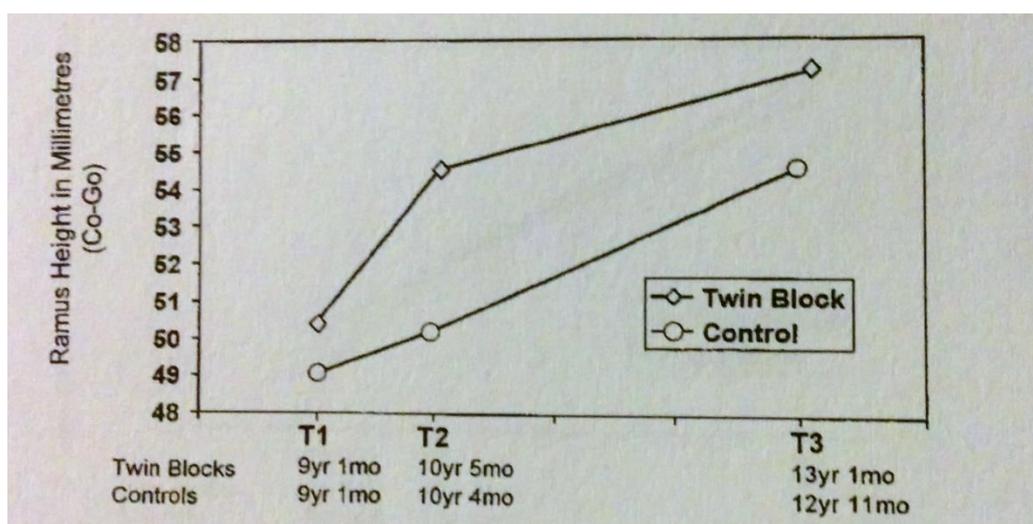


Figure 17 : Changements de taille du ramus (Co-Go) dans le groupe traité par Twin-Block et dans le groupe contrôle dans l'étude de Mills (2000)

Cette infériorité de croissance est aussi reflétée sur d'autres valeurs céphalométriques même si celles-ci ne sont pas statistiquement significatives (Longueur mandibulaire totale (Co-Gn)).

Ces différences indiquent une tendance à un effet «rebond» après traitement avec le dispositif TB.

Aucun effet squelettique maxillaire n'est démontré significativement.

- Effets dento-alvéolaires

Les différences prédominantes à long terme concernent les positions des incisives et molaires.

Incisives :

On observe une tendance significative des incisives inférieures à se « redresser » : L1 – Ref pl diminue de -1.8 mm dans le groupe TB (2.0 contre 3.8 mm). De plus on observe, une légère vestibuloversion, non significative, des incisives supérieures (+0.8°). Ceci entraînant, une augmentation statistiquement significative de l'overjet de 1.1 mm chez les patients traités par TB (1.0 mm) comparé au groupe contrôle (-0.1mm).

Molaires :

La relation molaire présente, dans le plan sagittal, une récurrence significative de 1.2 mm chez les patients TB, comparée au groupe contrôle (0.1 mm). Cette récurrence est attribuée à une mésialisation de la première molaire mandibulaire, inférieure par rapport au plan vertical de référence (L6 to Ref pl) dans le groupe traité en comparaison avec le groupe contrôle non traité.

De plus, la molaire inférieure a tendance à présenter une extrusion significative supplémentaire de 1.0 mm chez les patients traités par rapport au groupe contrôle.

Conclusion

Selon Baccetti, le début de traitement par thérapie Twin-Block dans la correction des malocclusions de classe II, pour bénéficier des effets optimaux, doit prendre place durant ou légèrement après le pic de croissance, pendant la croissance rapide. A ce moment-là, plusieurs effets majeurs telle la contribution squelettique à la correction de la relation molaire ou l'augmentation de la longueur mandibulaire totale sont plus favorables [6].

Les effets à court et long terme sont résumés dans le schéma de Mills (figure 18) [68].

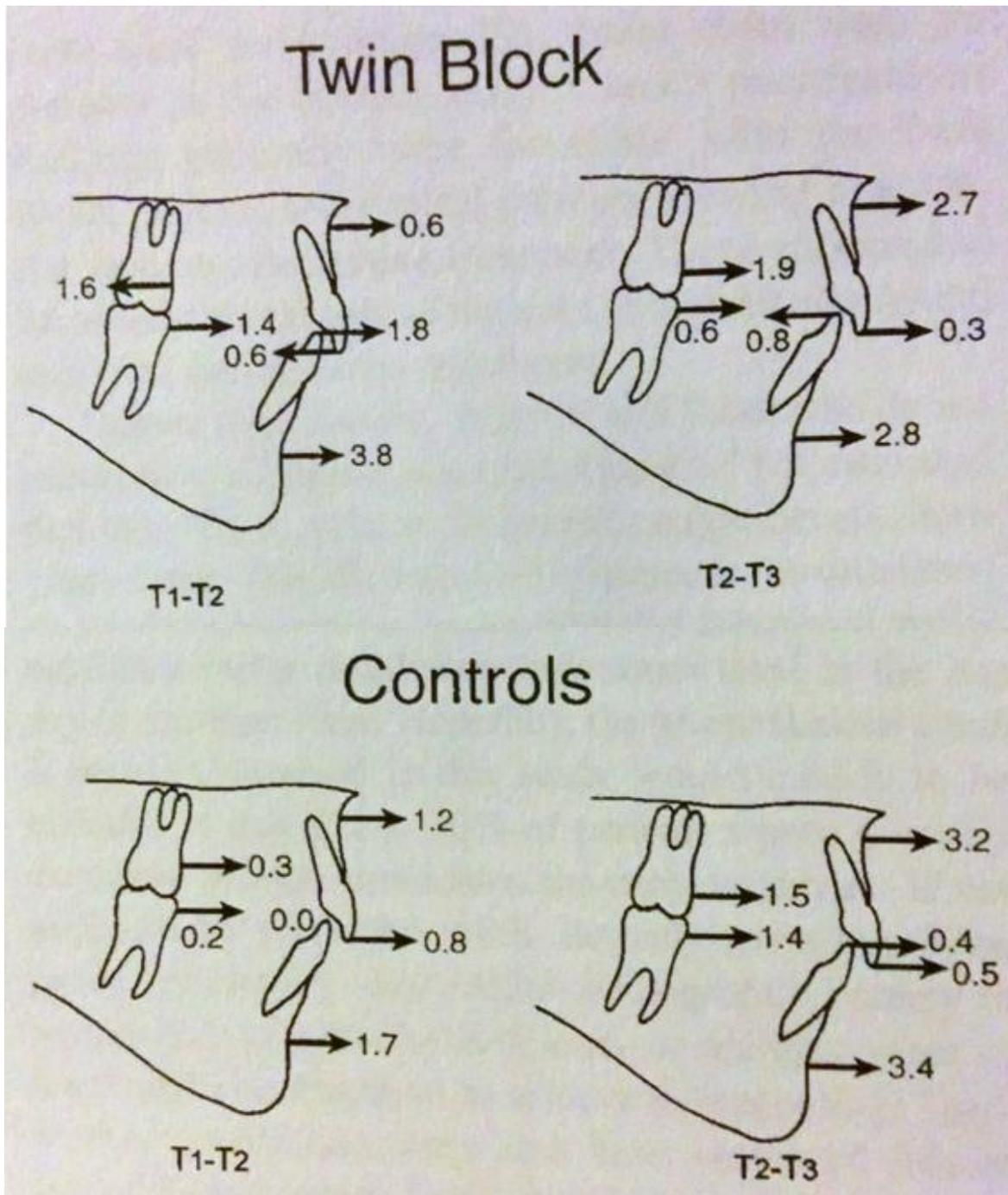


Figure 18 : Effets dento-squelettiques produits à court terme (T1-T2) et à long terme (T2-T3) dans le groupe Twin-Block et dans le groupe contrôle dans l'étude de Mills (2000)

Dispositifs Amovibles	Effets Squelettiques		Effets dento-alvéolaires			Stabilité (long terme)
	Base Maxillaire	Base Mandibulaire	Arcade Maxillaire	Arcade Mandibulaire	Inter-Arcade	
Bielles de Herbst	Aucun effet significatif	Augmentation longueur mandibulaire totale (3.0 mm/an) → Coefficient d'efficacité : 0.28 mm/mois	Incisives : Aucun effet significatif Molaires : Distalisation (-1.5 à 5.4 mm) Intrusion (1.0mm) Distorsion (5.6°)	Incisives : Protrusion (1.5 à 4mm) Vestibuloversion (3.2 à 4.5°) Extrusion Molaires : Mésialisation (0.8 à 3.6 mm)	Overjet : -4.6 à -5.6 mm Overbite : -2.5 mm Relation Molaires : -5.3 mm	Overjet : +0.6 mm Relation molaire : +1.6 mm Molaire supérieur : mésialisation +1.8 mm Longueur mandibulaire : -0.4 mm
Twin-Block	Restriction de croissance minimale (-0.8 mm)	Augmentation longueur mandibulaire totale (2.4 mm/an) → Coefficient d'efficacité : 0.23 mm/mois	Incisives : Distalisation (-1.4 mm) Extrusion (1 mm) Palatoversion (4.4°) Molaires : Distalisation (-2.1 mm)	Incisives : Mésialisation (+1.6 mm) Vestibuloversion (2.6°) Molaires : Extrusion (1.5 mm)	Overjet : -3.9 mm à -4.9 Overbite : -2.8 mm Relation Molaires : -4.6 mm	Taille Ramus : -1.6 mm Overjet : +1.1 mm Relation molaire : +1.1 mm
Frankel II	Restriction de croissance minimale (-1.4 mm)	Augmentation longueur mandibulaire totale (1.07 mm/an) → Coefficient d'efficacité : 0.09 mm/mois	Incisives : Palatoversion (3°) Rétrusion (-1.4 mm) Molaires : Aucun effet significatif	Incisives : Protrusion (+2.7 mm) Molaires : Aucun effet significatif	Overjet : -4.6 mm Relation Molaires : -4.0 mm	

Tableau 2 : Effets des dispositifs orthopédiques amovibles

I.3 Effets temporo-mandibulaires des traitements orthopédiques

Les travaux de ROUX, WOLF et MOSS ont permis de démontrer qu'il y a une relation étroite entre forme et fonction, à savoir que « la fonction crée la forme ».

Ainsi, le traitement orthopédique fonctionnel des rétromandibulies par un activateur de croissance va mettre en tension les fibres musculaires par le biais de la propulsion mandibulaire forcée, et à terme, modifier la forme du tissu osseux.

Dans un premier temps, PETROVIC et coll. ont montré que la réponse de l'organisme à la nouvelle position mandibulaire consiste en une adaptation neuromusculaire des muscles de l'appareil masticateur et une réactivation de la croissance du cartilage condylien, et donc de la croissance mandibulaire [87]

MCNAMARA et coll. ont eux, montré dans des études sur le singe, que la mise en hyperpropulsion de la mandibule augmente l'activité des muscles ptérygoïdiens latéraux, entraînant une stimulation postérieure du cartilage condylien suivie du remodelage et d'une croissance du condyle mandibulaire [64][66].

Certains auteurs suggèrent que ces changements chez l'animal pourraient être reproduits chez l'homme, ce qui permettrait de corriger la classe II (FRANKEL). D'autres, au contraire, ne pensent pas que ce phénomène puisse être observé chez l'homme. (HOTZ APPLICATION...)

I.3.1 Remodelage condylien

Ruf & Pancherz étaient les premiers à démontrer, par IRM, le remodelage condylien pendant le traitement orthopédique à l'aide d'un appareil fonctionnel. Ces auteurs ont rapporté qu'après utilisation des Bielles de Herbst pendant une période de 6 à 12 mois, des signes temporo-mandibulaires de remodelage condylien sont obtenus [96][97].

Ce remodelage se traduit, sous la forme d'une zone distincte d'augmentation de l'intensité du signal (aire brillante) dans la région postéro-supérieure du condyle. Cette zone de remodelage décrite, représenterait une néo-formation de moëlle osseuse au niveau postérieur de la tête du condyle entraînant ainsi une modification de sa forme (convexité) [116].

Des résultats similaires ont été rapportés dans les études de Wadhawan en 2008 sur le Twin-Block et le Bionator. Des modifications évidentes de la tête du condyle sous la forme d'une convexité postéro-supérieure ont été démontrées après 6 mois de traitement. De plus, une réduction de la proéminence (sous la forme d'une encoche) de la surface antérieure de la tête du condyle a été montrée [115].

Cependant, même s'il existe des changements évidents de la tête du condyle, la détection d'une zone d'intensité élevée n'est pas systématique, probablement due à une séquence différente d'IRM. Chintakanon n'a rapporté, lui aussi, aucune augmentation significative du signal IRM après 6 mois de traitement avec le Twin-Block [14].

Toujours concernant le Twin-Block, Mai en 2014 affiche une augmentation du diamètre antéro-postérieur de la largeur du condyle pour des patients sous Twin-Block [(8.51 mm+/-1.48)] par rapport à un groupe contrôle composé de patients sans traitement [(7.47 mm+/-1.27)] ($P < 0,05$). De plus, l'auteur montre une augmentation de la hauteur condylienne supérieure des patients sous traitement avec le Twin-Block [(7.39 mm+/-1.42)] contre [(6.47 mm+/-1.56)] ($P < 0,05$) [62].

En revanche, Mai ne trouve pas de différence significative entre le remodelage condylien des patients traités par orthopédie avec le Twin-Block, et ceux traités avec orthodontie par élastiques de classe II ($P > 0,05$).

Concernant l'appareil orthopédique FORSUS, Arici ne démontre aucun effet statistiquement significatif sur le volume condylien [4].

Hagg & Taranger dans leur étude, montrent aussi des signes de remodelage condylien dans la zone postéro-supérieure du condyle. Ils montrent ainsi l'adaptation de la croissance des structures mandibulaires des patients présentant des malocclusions de classe II, grâce au Bielle de Herbst, même si la croissance est terminée [45].

I.3.2 Remodelage de la fosse glénoïde

Le remodelage de la fosse glénoïde concerne deux structures : l'épine glénoïde postérieure et l'éminence articulaire.

- Remodelage de l'épine glénoïde postérieure (EGP)

La technique d'évaluation du remodelage de l'EGP est décrite par Wadhawan dans la figure 19.

Cette évaluation utilise le centre du conduit auditif externe comme référence. D'autres lignes sont utilisées, le plan horizontal de Frankfort (FH plane), et la ligne perpendiculaire au plan de FH passant par le centre construit du conduit auditif. Puis, deux autres points sont marqués et utilisés, l'un sur la crête de l'épine glénoïde postérieure (c-PGS), l'autre au centre de la tête du condyle (c-CH). Les distances linéaires du centre de conduit au c-CH et au c-PGS seront mesurées [115].

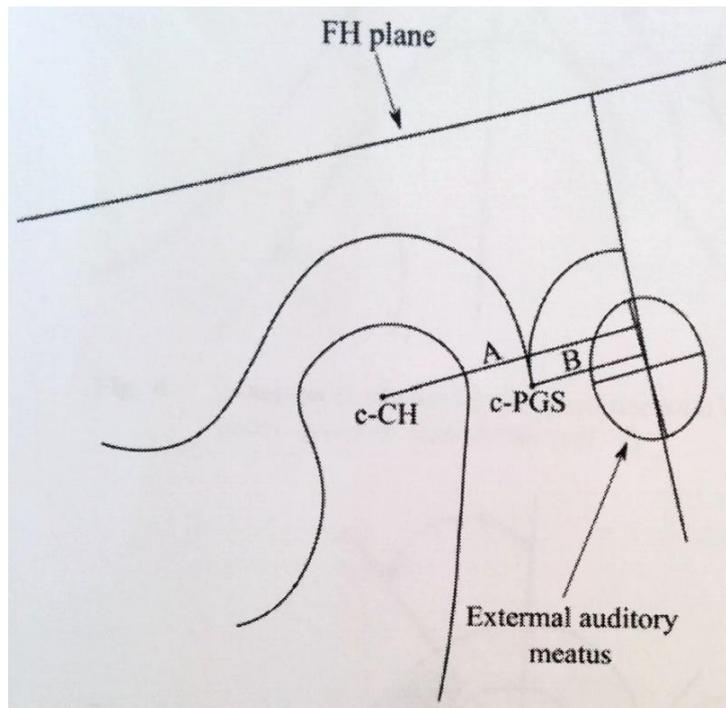


Figure 19 : Technique d'évaluation métrique du remodelage de l'EGP décrite par Wadhawan (2008). A = distance entre la perpendiculaire à FH passant par le centre du conduit auditif externe et le centre de la tête du condyle (c-CH) ; B = distance entre la perpendiculaire à FH passant par le centre du conduit auditif externe et la crête de l'épine glénoïde postérieure (c-PGS)

[115]

Ruf & Pancherz ont rapporté, grâce à l'IRM, des modifications de la fosse glénoïde, par apposition osseuse, pour des patients porteurs de Bielles de Herbst. En effet, le remodelage concerne la surface antérieure de l'épine glénoïde postérieure. Cette apposition est plus importante dans la partie inférieure de l'épine et moins prononcée au sommet. Popowich et d'autres auteurs ont décrit aussi une « anteclination » de l'épine glénoïde postérieure [97][96][89].

Ce remodelage est, en revanche observé après celui du condyle. Ce retard s'explique probablement par des procédés d'adaptation différents entre celui de la fosse glénoïde (ossification périostée) et celui du condyle (ossification endochondrale). L'ossification périostée n'étant pas associée à une importante augmentation d'hydratation des tissus, le remodelage osseux est ainsi observé seulement quand il est consolidé [116].

Les études sur le traitement du Twin Block ou du Bionator montrent aussi un remodelage de l'EGP. En effet, un remodelage et un déplacement vers l'avant de l'épine selon le plan de Frankfort sont observés [115].

- Remodelage de l'éminence articulaire

L'évaluation du remodelage de l'éminence articulaire peut s'apprécier par la mesure de la pente de l'éminence articulaire. Cette mesure peut être réalisée selon deux méthodes :

Chintakanon précise le remodelage de l'éminence en évaluant la pente de l'éminence articulaire représentée par l'« angle d'éminence ». Cet angle est formé par la tangente à la pente postérieure de l'éminence en rapport avec la ligne postérieure du condyle (PC-line), et en rapport avec le plan de Frankfort (FH-line) [14]. (Figure 20)

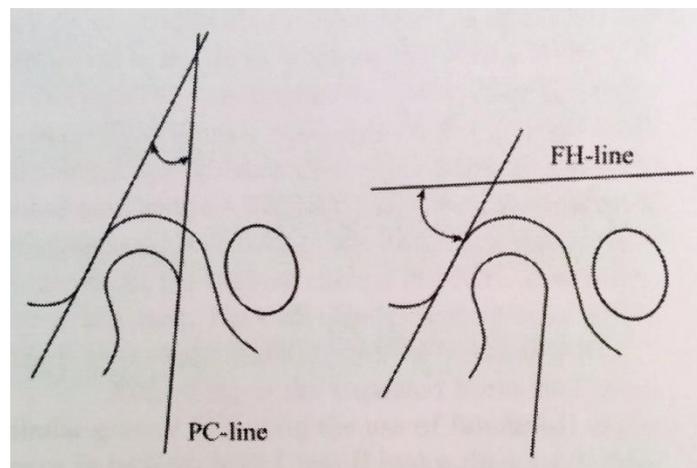


Figure 20 : Technique d'évaluation du remodelage de l'éminence articulaire de Chintakanon (2000). L'image de gauche montre l'angle entre la tangente à la pente postérieure de l'éminence articulaire et la ligne postérieure du condyle (PC-line). L'image de droite montre l'angle entre la tangente à la pente postérieure de l'éminence articulaire et le plan horizontal de Frankfort (FH-line)

Wadhawan précise le remodelage de l'éminence par l' « angle de la fosse glénoïde ». Cet angle est formé par les tangentes aux pentes antérieures et postérieures de l'éminence articulaire [115]. (Figure 21)

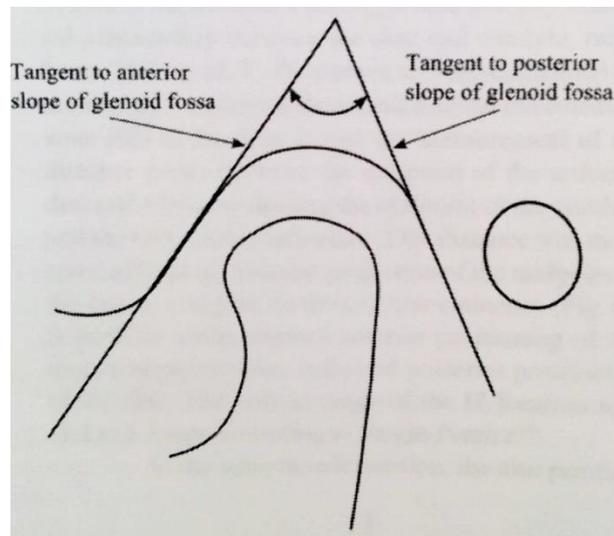


Figure 21 : Technique d'évaluation du remodelage de l'éminence articulaire de Wadhawan (2008)

Ruf & Panchez ont trouvé un angle d'éminence, moins profond ou plus superficiel, prouvant ainsi la présence, d'un remodelage de la fosse glénoïde, après utilisation des Bielles de Herbst. Cependant tous les auteurs s'accordent pour dire que le remodelage de la fosse glénoïde est moins important que le remodelage condylien [97][96].

Ce remodelage de l'éminence articulaire n'est pas clairement retrouvé après utilisation du Twin Block [14], du Bionator [115], ni même du Forsus [4].

I.3.3 Position condylienne

L'évaluation de la position condylienne par rapport à la fosse glénoïde s'apprécie de manière métrique par la mesure de l'espace articulaire antérieur (distance entre la tête du condyle et l'éminence articulaire) et la mesure de l'espace articulaire postérieur (distance entre la tête du condyle et l'EGP). Ces mesures permettent d'obtenir l'index d'espace articulaire (Index Joint Space) [63] :

$$\text{JSI} = [(\text{post-ant}) / (\text{post+ant})] \times 100$$

La position physiologique du condyle correspond à un Index Joint Space compris entre -32,5% et +21,1% (Vargas Pereira [1997]). Une valeur positive de cet index indique un déplacement antérieur du condyle (ou une position ventrale du condyle dans la fosse). Une valeur négative indique un déplacement postérieur (ou une position dorsale du condyle dans la fosse).

Les résultats des études s'intéressant aux effets des traitements orthopédiques sur la position du condyle par rapport à la fosse glénoïde sont très variables [89].

Dans le cadre d'un traitement par Bielles de Herbst, Ruf & Pancherz en 1998 démontrent que la position condylienne n'est « globalement » pas affectée par l'utilisation des Bielles de Herbst [96]. En 2000, ces mêmes auteurs démontrent que la position condylienne est significativement plus antérieure immédiatement après dépose de l'appareil fonctionnel. Cependant, un an après la fin du traitement, le condyle retourne dans sa position originelle [95].

En 1999, Croft et ses collaborateurs montrent qu'aucune différence de position de condyle n'est observée pendant l'utilisation des Bielles de Herbst. En revanche après traitement, une diminution de l'espace articulaire postérieur de 0.4mm ($P < 0.05$) est mentionnée [22].

Serbesis-Tsarudis, dans son étude menée en 2007, compare la situation temporo-mandibulaire des patients traités par Bielles de Herbst à des patients possédants une occlusion idéale (Bolton Standard) [102] : (Figure 22)

- Sur une période de 2,6 ans, le point Co se retrouve 0,8 mm moins postérieur et supérieur que le groupe témoin. En revanche sur une durée de traitement de 6 mois, Co se retrouve 1,5 mm plus postérieur et 1,7mm plus supérieur que le groupe sans traitement.
- De plus, en 2,6 ans de traitement, la ligne de rotation se situe 1° moins antérieure que le groupe contrôle. En 6 mois, elle est 0,6° plus postérieure.

Ces modifications de la position condylienne et de la direction de croissance mandibulaire ont une incidence directe sur la position du menton et donc de la mandibule dans la correction de la malocclusion de classe II.

Sur 2,6 ans de traitement, Pg est dans une position sagittale similaire et 0.1 mm moins bas que le groupe témoin. Sur 6 mois, Pg est 1,7 mm plus antérieur et 2 mm plus bas.

En conclusion de cette étude, Serbesis-Tsarudis démontre que l'approche orthopédique par Bielle de Herbst a un effet sagittal favorable sur la mandibule à court terme mais pas sur le long terme.

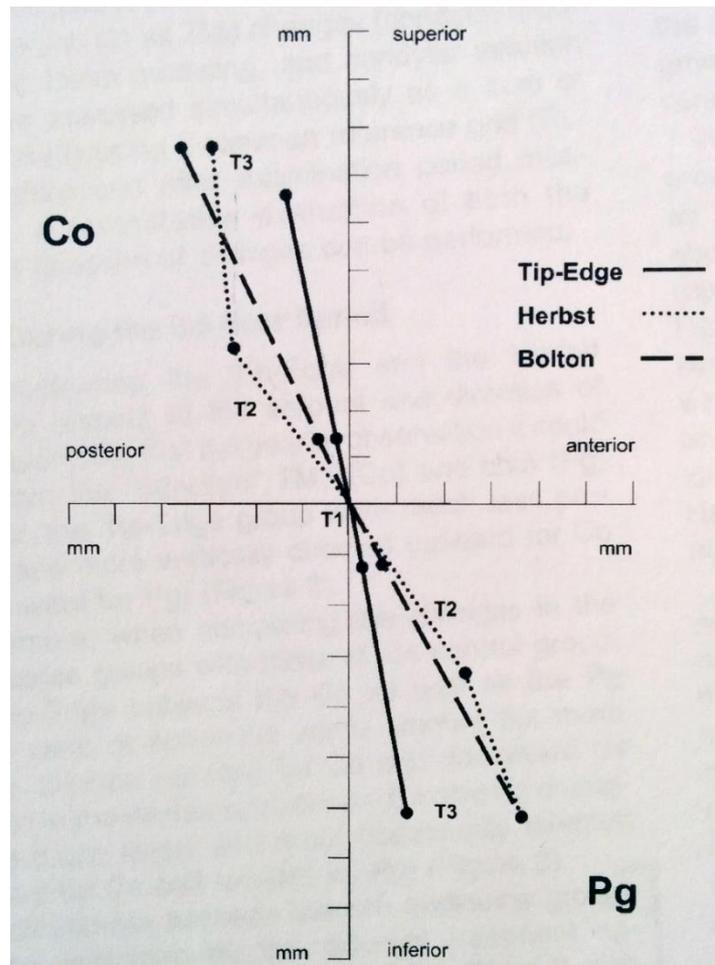


Figure 22 : Effets temporo-mandibulaires et changements du pogonion dans les groupes élastiques (Tip-Edge), Herbst, et Bolton. T1 : Avant traitement. T2 : Après une période 6 mois de traitement (correspondant à la fin du traitement actif par Bielle). T3 : Après une période de 2.6 ans de traitement (correspondant à la fin du traitement actif par multiattaches)

Les actions des autres appareils fonctionnels ont aussi été décrites :

- Activator : Ruf & Coworkers ont rapporté une position légèrement plus antérieure du condyle dans la fosse suite au traitement de cet appareil. Cette position antérieure restant physiologique [99].
- Activateur d'Andreasen : Arat & Al ont rapporté des résultats similaires à Ruf et son Activator. Le condyle est dans une position antérieure avec augmentation de l'espace postérieur et diminution de l'espace antérieur (On notera aussi l'absence de

modification de l'espace supérieur). Cette position antérieure restant tout de même physiologique [3].

- Twin Block & Bionator : Après un traitement de six mois, La position condylienne est plus antérieure comparée à la situation initiale. Mais le condyle a tendance à revenir dans sa position originelle
- Functional Mandibular Advancer (FMA) : Kinzinger retrouve des changements de position condylienne similaires à la fin du traitement [52][51].
- Forsus : Le traitement par cet appareil orthopédique entraîne une augmentation de l'espace articulaire antérieur et une diminution importante de l'espace postérieur ($P = 0.015$). Le condyle se trouvant ainsi dans une position plus postérieure. Cet effet peut être le résultat de l'induction de la croissance condylienne dans une direction postérieure, une rotation condylienne dans la fosse glénoïde et/ou un remodelage du bord postérieur de la fosse glénoïde [4].

I.3.4 Position du disque articulaire

- Sagittale :

La position sagittale du disque est évaluée à la fois en position Bouche Ouverte et en position Bouche fermée.

En position de Bouche Ouverte (BO), la position du disque articulaire est considérée comme normale si la zone intermédiaire du disque est interposée entre le tubercule articulaire et le condyle mandibulaire sur toutes les coupes de l'IRM.

En position Bouche Fermée (BF), Drace & Enzmann ont décrit, dans la figure 23, la position normale du disque de manière angulaire grâce à la position de la bande postérieure du disque par rapport au condyle mandibulaire (position normale du disque si la relation entre le disque et le condyle se situe entre $-25,7^\circ$ et $+18,7^\circ$) [27].

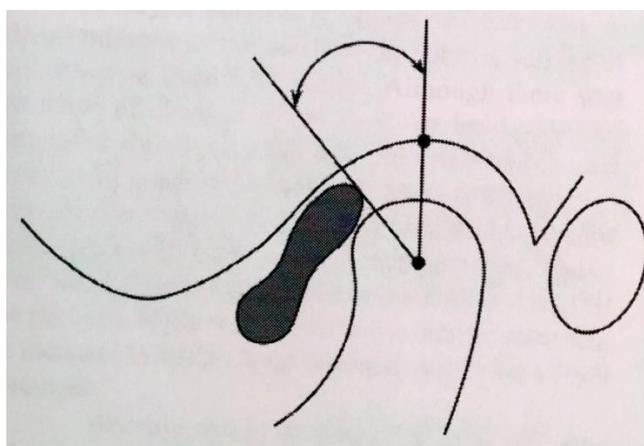


Figure 23 : Evaluation, en position Bouche Fermée, de la position sagittale de la bande postérieure du disque par rapport au condyle mandibulaire par Drace & Enzmann [27]

Bumann décrit la position normale, dans la figure 24, du disque de manière métrique grâce à la distance entre le milieu du disque articulaire et une ligne connectant le milieu du condyle et le tubercule articulaire (position normale du disque si la distance se situe entre $-1,1$ et $+1,7$ mm Vargas Pereira [1997])

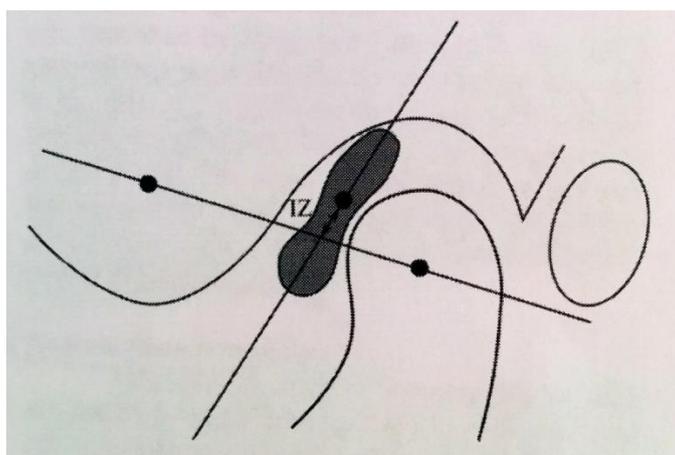


Figure 24 : Evaluation, en position Bouche Fermée, de la position sagittale de la zone intermédiaire (IZ) du disque par rapport au condyle mandibulaire par Bumann

Quel que soit le type d'appareil fonctionnel fixe ou amovible, Herbst [1][97][95], Bionator [115], Twin Block [14][115], Frankel II [35], FMA [52][51] :

- En BF, le disque, avec en place, a tendance à se retrouver légèrement plus rétrusif. Mais à la dépose de l'appareil, le disque retrouve sa position initiale.
- En BO, la position moyenne du disque se retrouve plus rétrusive (avec ou sans appareil en place)

De plus, lors de traitement sur des patients présentant un déplacement partiel ou total du disque avant traitement, la mise en place d'un dispositif orthopédique entraîne une amélioration significative de la position du disque, après traitement, dans les relations temporo-mandibulaire [52].

- Coronal :

Les modifications coronales de position du disque peuvent être appréciées par une IRM bouche fermée, par la technique de Chintakanon [14] (Figure 25).

Une ligne de référence le long du grand axe de la tête du condyle et du cou a été construite. Une autre ligne à travers la largeur maximale de la tête du condyle a également été construite, puis divisée en dixièmes. La position du disque est ainsi fichée par rapport aux divisions de la largeur du condyle. Les valeurs distales sont négatives et les valeurs médiales sont positives. Des valeurs positives signent une position médiale du disque. A l'inverse des valeurs négatives signent une position latérale du disque.

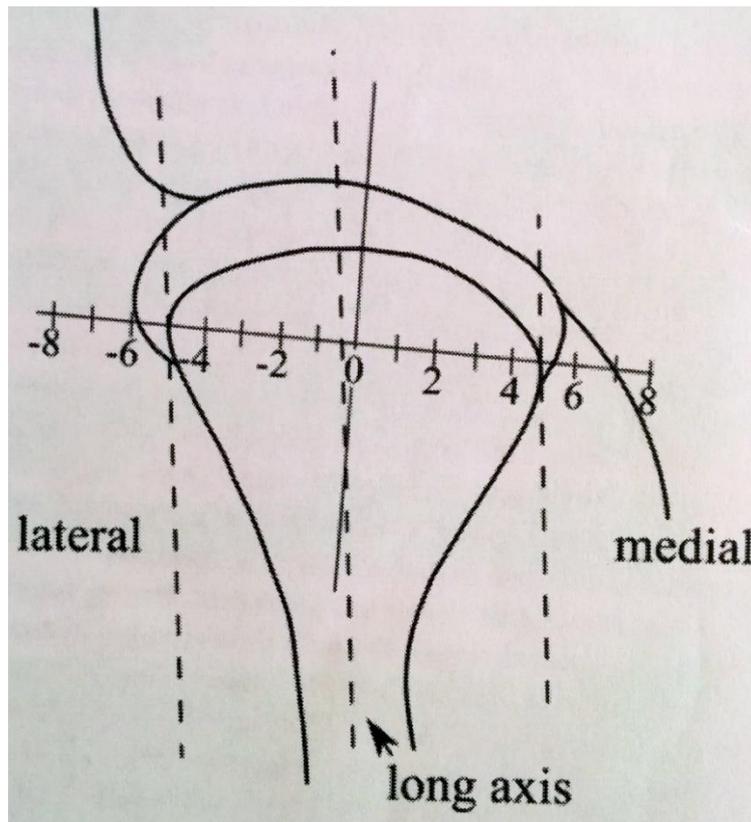


Figure 25 : Méthode d'évaluation de la position coronale du disque par Chintakanon

Des changements de position coronale du disque articulaire ont été observés après utilisation du Twin Block et du Bionator [14][115]. Cependant, les résultats ne montrent aucune différence statistiquement significative. Ceci est dû aux trop faibles effets des thérapies fonctionnelles sur cette position coronale du disque.

I.3.5 Conclusion

- Les effets temporo-mandibulaires consécutifs à l'utilisation d'appareils fonctionnels sont un processus adaptatif essentiellement obtenu par remodelage condylien et remodelage de la fosse glénoïde. Ces changements sont retrouvés chez les adolescents et adultes jeunes.

- Les changements de position du condyle et du disque articulaire sont mineurs. Aucune différence cliniquement significative n'est démontrée car le disque et le condyle restent dans des positions physiologiques.

II. EFFETS DES TRAITEMENTS ORTHODONTIQUES : ELASTIQUES DE CLASSE II

Les élastiques de classe II sont des auxiliaires de force pouvant être classés comme des éléments actifs sur un dispositif fixe (Carlos F. 2002). Ils sont utilisés notamment pour la correction orthodontique des malocclusions de classe II. (Figure 26)

Des auteurs ont attribué à ces auxiliaires, quelques effets secondaires néfastes, suggérant ainsi une utilisation limitée. Ces auteurs ont noté que le vecteur de force verticale des élastiques peut entraîner une extrusion des molaires mandibulaires et des incisives supérieures, provoquant ainsi un effet adverse sur la ligne du sourire avec une rotation du plan d'occlusion.

Même si de nombreuses suggestions ont été décrites sur l'utilisation des élastiques, peu d'études dans la littérature ont examiné les effets propres des élastiques et la plupart de ces études sont basées sur la mécanique de Begg [29][90][72][71].

Janson a réalisé en 2013 une revue systématique de la littérature pour évaluer les effets des élastiques dans la correction de malocclusion de classe II [48].



Figure 26: Photographie intra-oral du port des élastiques de classe II (patiente du CHU de Nantes)

II.1 Effets des élastiques de Classe II « seuls »

Uzel & Uzel, en 2007, ont examiné les effets squelettiques et dento-alvéolaires propres des élastiques de classe II sur une technique segmentée avec des « Utility Arches (UAs) ». Les patients traités devaient porter les élastiques 24h sur 24 avec une traction de « 3.5 ounces ». Les effets sont évalués par céphalométrie après 8.5 mois de traitement et en comparaison avec un groupe contrôle [108].

- Effets squelettiques des élastiques [108]

Durant l'application des élastiques, en comparant les deux groupes, aucune mesure céphalométrique squelettique ne change statistiquement de manière significative, à l'exception de la valeur de la hauteur faciale inférieure (LFH). Uzel observe une augmentation significative de la hauteur faciale inférieure de 1.9° du groupe traité par rapport au groupe contrôle (1.9 contre 0.0°).

Ces résultats sont en accord avec les études de Nelson (1999, 2000), Gianelly (1976), Edwards (1983), Langlade (2000), et Reddy (2000) [72][71][42][90].

Dans l'étude de Nelson en 1999, même en l'absence de comparaison avec un groupe contrôle, les seuls effets squelettiques notés sont aussi dans le sens vertical. Une augmentation de la hauteur faciale inférieure de +5.0 mm est retrouvée ainsi qu'une augmentation de l'angle du plan d'occlusion (mais a tendance à retourner dans sa position originelle à long terme [70]) [72].

- **Effets dento-alvéolaires des élastiques [108]**

A l'arcade maxillaire :

Dans l'étude de Uzel, les incisives supérieures sont linguoversées de 7.4° par rapport au groupe contrôle (U1-FH: -7.4 contre 0.0) et distalées de 3.1 mm (U1-PTV : -2.7 contre 0.4 mm) après 8.5 mois de port. Aucun effet vertical statistiquement significatif par rapport au groupe contrôle n'est retrouvé. Cette absence de différence significative est probablement due à la force ingressive imprimée par l'UA. Une étude in vitro, réalisé en 1992 par Xu, montre que les effets des élastiques de classe II sur la réduction de la force ingressive des arcs est moins importante que ce qui était précédemment pensé.

Ainsi les effets verticaux sur l'incisive supérieure dans l'étude d'Uzel, sont en conflit avec les résultats des études préalables. Cependant les études antérieures ne présentent pas de groupe contrôle et donc pas de comparaison possible [29][90].

Les molaires supérieures ne présentent pas de changement statistiquement significatif par rapport au groupe control. L' «Utility Arch » dans cette étude, semble prévenir les effets imprimés sur les molaires par les élastiques de classe II.

A l'arcade mandibulaire :

Uzel, démontre de manière significative et en comparaison avec un groupe contrôle que les incisives inférieures sont vestibuloversées de 4.3° (IMPA : 4.0° contre -0.3°), intrusées de 0.8 mm (L1-MP -0.7 contre 0.1 mm) et présentent une mésialisation de 1.4 mm (L1-PTV : 2.4 contre 1.0 mm).

Les molaires mandibulaires, dans cette étude, se retrouvent avec une mésialisation de 1 mm supplémentaire au groupe contrôle (L6-PTV : 1.7 contre 0.7 mm). Elles sont aussi plus extrusées de 1.7 mm (L6-MP : 1.7 contre 0.0 mm).

Effets Inter-arcades :

Dans la correction de la malocclusion de classe II, les élastiques entraînent une diminution de l'overjet de 5.2 mm et de l'overbite de 3.5 mm. La relation molaire est aussi diminuée de -2.5 mm.

Les effets induits peuvent être résumés en pourcentages. 81% de la réduction de l'overjet est dento-alvéolaire (52% grâce aux mouvements de l'incisive maxillaire et 29% grâce aux effets sur l'incisive mandibulaire). De même, la correction de la relation molaire est obtenue par 52% d'effets dento-alvéolaires (12% de distalisation de la molaire maxillaire et 39% de mésialisation de la molaire mandibulaire). (Figure 27)

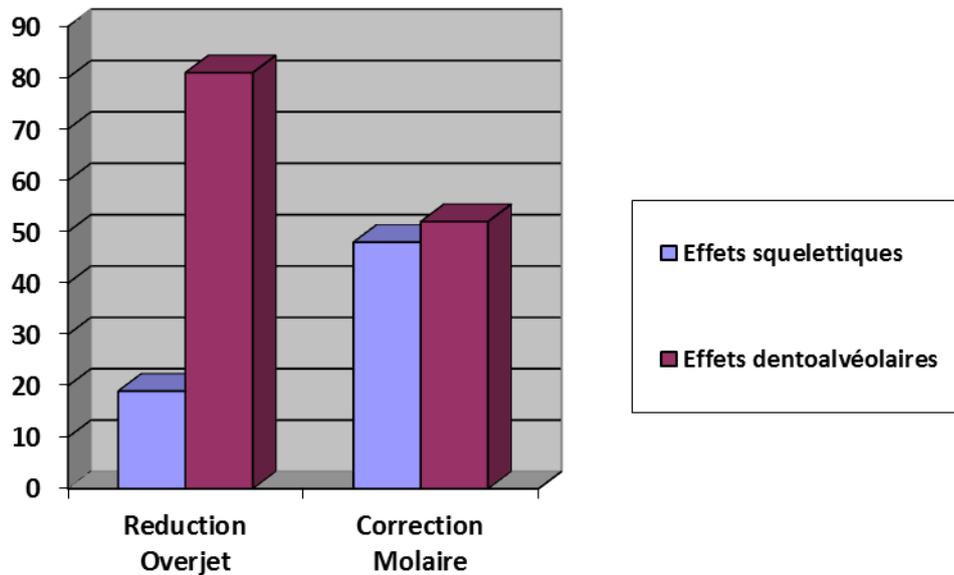


Figure 27: Effets inter-arcade des élastiques de classe II

- **Conclusion :**

Effets dento-squelettiques	Effets supplémentaire des élastiques Par rapport au groupe control
<u>SQUELETTIQUES</u>	
- Maxillaire	Pas d'effet significatif
- Mandibulaire	Pas d'effet significatif
<u>DENTO-ALVEOLAIRES</u>	
- Incisives Supérieures	Distalisation de -2.7 mm Linguoversion 7.8°
- Incisives Inférieures	Mésialisation +1.0 mm Vestibuloversion 4.3°
- Overjet	Réduction -5.2 mm
- Molaires Supérieures	Pas d'effet significatif
- Molaires Inférieures	Mésialisation +1.0 mm Extrusion +1.7 mm
- Relation Molaire	Réduction de -2.5 mm
<u>VERTICAUX</u>	
- Hauteur Faciale Inférieure	Augmentation 1.9°
- Overbite	Réduction -3.7 mm

Tableau 3 : Effets dento-squelettiques des élastiques de classe II

En général, l'utilisation des élastiques de classe II dans la correction de cette malocclusion produit principalement des effets dento-alvéolaires [72][71][16][102][108]. Ces résultats semblent cohérents car la force appliquée, pendant une période moyenne 8.5 mois, avec un port recommandé de 24 heures par jour, est relativement légère (73.7 g). Habituellement, les changements squelettiques sont généralement produits par des appareils qui appliquent des forces plus lourdes et sur des périodes plus longues [53].

Aucune étude n'a souligné d'effets secondaires ou collatéraux, comme précédemment suggéré (Buchner 1949, Bien 1951, Ellen 1998, Wehrbein 1999). Ainsi, les élastiques de classe II sont des outils de valeur qui peuvent être utilisés seuls ou en association avec d'autres appareils pour corriger la malocclusion de classe II, sans effets secondaires significatifs.

Revue de la littérature (Tableau 4)

Articles	Forces des élastiques	Effets dento-squelettiques des élastiques « seuls »	Conclusion de l'auteur
Uzel et al (2007) : 15 patients élastiques 15 patient groupe contrôle	3.5 oz	Overjet : -5.2 mm (groupe contrôle Overjet : +0.0 mm) Overbite : -3.5 mm (groupe contrôle +0.2 mm) Incisives maxillaires : - distalisation -2.7 mm (groupe contrôle -0.0 mm) - linguoversion -7.4° (groupe contrôle +0.4°) Incisives mandibulaires : - mésialisation +2.4 mm (groupe contrôle +1.4 mm) - vestibuloversion +4.0° (groupe contrôle -0.3°) Molaires mandibulaires : - Mésialisation : +1.7 mm (groupe contrôle +0.7 mm) - Extrusion : +1.7 mm (groupe contrôle 0.0 mm) Hauteur faciale inférieure : +1.9° (groupe contrôle 0.0°)	Le seul effet squelettique significatif par rapport au groupe contrôle est l'augmentation de la hauteur faciale inférieure (angle LFH). La correction de la classe II (réduction de l'overjet et correction de la relation molaire) est principalement dento-alvéolaire.
Combrink et al (2006) : 35 patients Pas de groupe contrôle	4 oz	SNA: -1.58° ANB: -1.68° Overjet : -3.81 mm Angle inter-incisif : -21,77°	Les élastiques sont efficaces dans la correction de la malocclusion de Classe II, avec des effets principalement dento-alvéolaires.
Nelson et al (1999) : 18 patients Pas de groupe contrôle	1-2 oz	Relation Max/Mand : -1.1 mm Overjet : -5.8 mm / Overbite : -3.0 mm Incisives maxillaires : rétrusion -3.7 mm Incisives mandibulaires : protrusion +1.0 mm Relation molaire : -3.0 mm Molaire maxillaire : 0.0 mm Molaire mandibulaire : mésialisation +2.0 mm Hauteur faciale inférieure : +5.0 mm	Les changements contribuant au traitement de la Classe II sont principalement dento-alvéolaires. Dans le sens vertical, les effets propres des élastiques sont une augmentation de l'angle de plan mandibulaire et de la hauteur faciale inférieure.

Tableau 4: Effets des élastiques "seuls": Revue de littérature

Articles	Forces des élastiques	Effets dento-squelettiques des élastiques « seuls »	Conclusion de l'auteur
<p>Meistrell et al (1986) : 42 patients Pas de groupe contrôle</p>	<p>1-2 oz</p>	<p>ANB : -1.27° Molaire maxillaire : - mésialisation +0.2 mm - extrusion +2.1 mm Molaire mandibulaire : - mésialisation +1.2 mm - extrusion +2.6 mm</p>	<p>La première molaire supérieure est maintenue dans sa position sagittale alors que l'angle SNA est réduit. La première molaire mandibulaire se mésialise de 1.2 mm. Les changements verticaux restent dans des proportions normales. Aucun effet significatif concernant le plan d'occlusion ou le plan mandibulaire n'est observé.</p>

Tableau 4 : Effets des élastiques « seuls » : Revue de littérature

II.2 Effets des élastiques de Classe II en comparaison avec d'autres dispositifs

Les études comparatives sur les effets des traitements de classe II avec des dispositifs fixes et des variétés différentes d'appareils fonctionnels ont été présentées dans la littérature [39][91][81][67][117]. Cependant, dans la plupart de ces études, il y a des variations dans les groupes traités quant aux procédures d'échantillonnages, aux traitements, et aux périodes d'observations.

II.2.1 Élastiques versus Frankel II et Force extra-orale [39]:

Gianelly, en 1984, compare les effets dento-squelettiques de trois techniques de correction de la classe II supposées réaliser des effets différents : la technique edgewise avec force extra-orale supposée avoir une action orthopédique sur le maxillaire, le régulateur de fonction Frankel II (FR-2) supposé créer une stimulation mandibulaire et la mécanique de Begg avec élastiques de classe II censée n'avoir des effets que dento-alvéolaires.

A la fin de la période de traitement, sept variables ont été mesurées (les angles SNA, SNB, SN-Go-Gn, et N-S-Gn, la hauteur faciale N-M, le mouvement antérieur du Pogonion et la longueur mandibulaire) pour comparer ces techniques.

Aucune des trois techniques n'a produit une réponse unique et représentative. Des effets similaires sont notés dans les trois groupes et pour tous les paramètres : réduction de l'angle SNA, augmentation de l'angle SNB, augmentation légère de l'angle SN-GoGn, augmentation de l'angle N-S-Gn (sauf pour le groupe FR-2), augmentation de la hauteur faciale (N-M), et augmentation de la longueur mandibulaire.

Lors de la comparaison des effets de ces trois techniques, il n'existe aucune différence statistiquement significative sur toutes les variables.

II.2.2 Élastiques versus Forsus Fatigue Resistant Device (FFRD)

L'étude de Jones (2008) compare les effets de ces deux dispositifs sur 40 patients.

Dans le groupe élastiques, le maxillaire se distalise de 1.5 mm tandis que la mandibule se mésialise de 3.8 mm. La première molaire supérieure se distalise de 0.6 mm et celle mandibulaire se mésialise de 0.7 mm. Les incisives inférieures se mésialisent de 0.8 mm tandis que les effets sur les incisives supérieures ne sont pas statistiquement significatifs. On obtient ainsi une diminution de l'overjet de 2.8 mm et une correction de la relation molaire de 2.4 mm. (Figure 28)

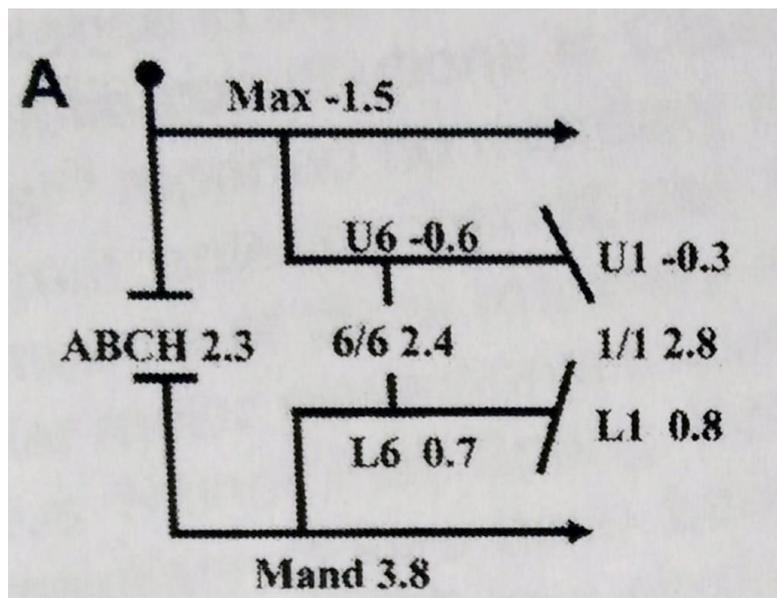


Figure 28: Effets des élastiques de classe II dans l'étude de Jones (2008)

Dans le groupe FFRD, la base maxillaire se distalise de 1.7 mm et la mandibule se mésialise de 4.4 mm. La première molaire maxillaire se distalise de 1.2 mm tandis que celle mandibulaire se mésialise de 1.8 mm. Les incisives maxillaires se distalisent de 0.7 mm et celles mandibulaires se mésialisent de 1.2 mm. Au final, on obtient une diminution de l'overjet et une correction de la relation molaire de 3.2 mm. (Figure 29)

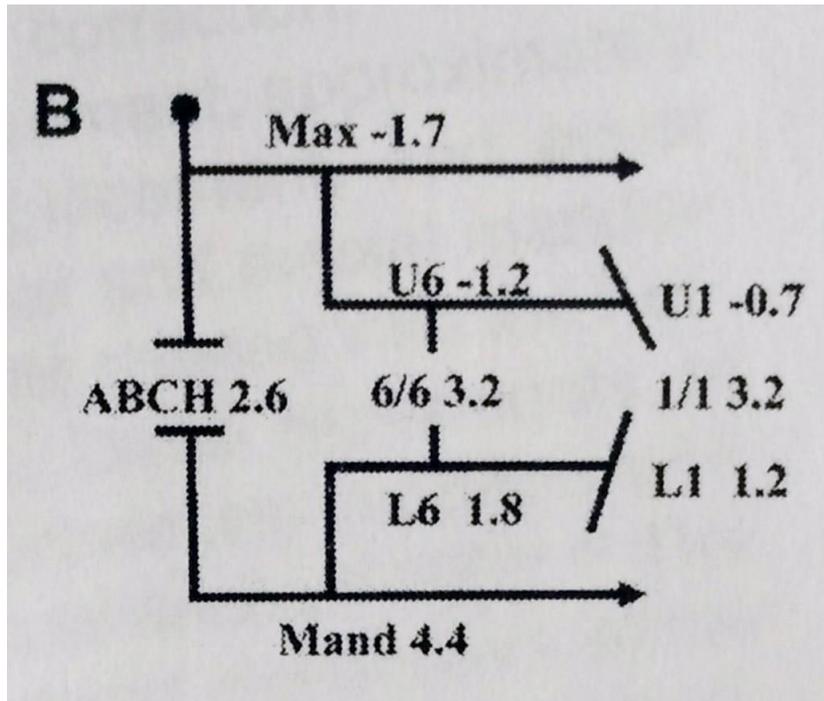


Figure 29: Effets du dispositif Forsus Fatigue Resistant Device dans l'étude de Jones (2008)

En conclusion, même si la correction molaire apparaît meilleure pour le groupe FFRD, il n'existe aucune différence statistiquement significative entre les deux dispositifs de correction de classe II. (Figure 30)

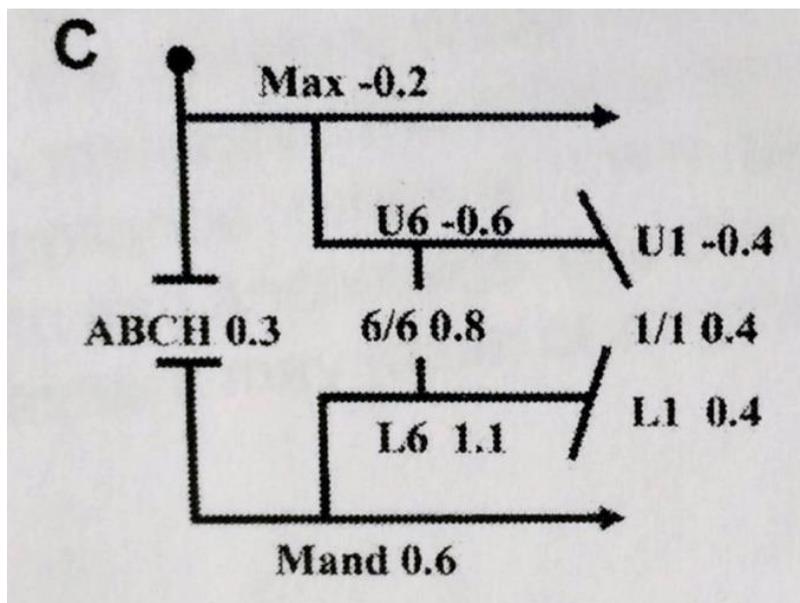


Figure 30: Comparaison des effets entre le groupe traité par les élastiques et celui traité par le dispositif FFRD dans l'étude de Jones (2008)

II.2.3 Élastiques avec technique Bioprogressive versus Élastiques avec technique Edgewise standard

Ellen et ses collaborateurs ont comparé, dans deux groupes distincts, les effets des élastiques selon deux techniques d'ancrages différentes : technique edgewise standard et technique Bioprogressive.

L'ancrage bioprogresif consiste à placer la première molaire inférieure très proche de l'os cortical mandibulaire (zone osseuse de forte densité). Cet ancrage cortical est obtenu par une rotation disto-linguale, un torque buccal et une distoversion des premières molaires mandibulaires. La préparation d'ancrage dans la technique d'edgewise est obtenue par un bon nivellement de l'arcade mandibulaire et l'utilisation d'un arc « idéal » de section rectangulaire.

Les résultats, en comparant les deux groupes sont similaires, avec une diminution significative des angles SNA et ANB. En revanche, on observe dans le groupe edgewise, une rotation horaire significative du plan d'occlusion, non observé dans le groupe bioprogresif. Les effets secondaires associés aux élastiques et décrits dans la littérature (mouvement mésial de l'arcade mandibulaire, vestibuloversion des incisives inférieures, et extrusion des molaires inférieures) sont retrouvés aussi dans les deux groupes. Ainsi l'ancrage cortical ne permet pas de combattre ces effets de manière plus efficace que la préparation d'ancrage selon la technique d'edgewise.

Au final, aucune mesure squelettique ou dento-alvéolaire ne diffère de manière significative entre les deux groupes. L'ancrage molaire n'est pas amélioré ou compromis par l'ancrage cortical.

II.2.4 Élastiques versus Bielles de Herbst [71][70]

Brigitta Nelson et ses collaborateurs, dans ses études en 2000 & 2007, comparent à court et à long terme, les changements squelettiques et dento-alvéolaires induits par les élastiques de classe II (technique de Begg) et les appareils fonctionnels (Bielles de Herbst) sur 36 patients ayant une malocclusion de classe II.

A court terme (Post-traitement / 12 mois) [71]:

La durée moyenne du traitement actif était de 1.3 ans pour les patients avec élastiques et de 0.5 an pour les patients traités par Bielles de Herbst. L'analyse des effets des deux groupes est réalisée 12 mois après le début du traitement.

- Comparaison des effets squelettiques

Les bases maxillaires (A-Olp) et mandibulaires (Pg-Olp) présentent un mouvement protrusif dans les deux groupes. Dans le groupe des patients traités par élastiques, le maxillaire avance de 1.3 mm et dans le groupe Herbst de 0.3 mm (Herbst > Élastiques, non significatif (NS)). La croissance sagittale mandibulaire est en moyenne de 1.6 mm dans le groupe élastiques et de 2.6 mm dans le groupe Herbst (Herbst > Élastiques, NS).

Ainsi, la relation sagittale des bases est améliorée de 0.3 mm dans le groupe élastiques et de 2.3 mm dans le groupe Herbst, soit 2.0 mm supplémentaires pour le groupe traité par l'appareil fonctionnel (Herbst > Élastique, Significatif $P < .01$).

Les Bielles de Herbst ont donc un impact squelettique significatif plus large à court terme, même si la durée de traitement est plus courte. Cette amélioration de la relation maxillaire/mandibule est en accord avec les investigations précédentes [78][47][87].

- Comparaison des effets verticaux (Figure 31)

La réduction de l'overbite dans le groupe élastiques et dans le groupe Herbst est respectivement de 4.1 mm et 2.4 mm (Elastiques > Herbst, Significatif $P < .05$). La hauteur de l'étage inférieur de la face augmente plus dans le groupe élastiques (4.2 mm) que dans le groupe Herbst (3.1 mm) (Elastiques > Herbst, Significatifs $P < .05$). De plus, dans le groupe élastique, l'angle du plan mandibulaire augmente en moyenne de 1.3° , alors qu'il reste inchangé dans le groupe Herbst (Elastiques > Herbst, Significatif $P < .05$). Ce dernier résultat est en accord avec les études précédentes [79][98].

Ainsi, les élastiques de classe II entraînent une rotation vers le bas et vers l'arrière de la mandibule pouvant expliquer l'augmentation de la hauteur de l'étage inférieur de la face.

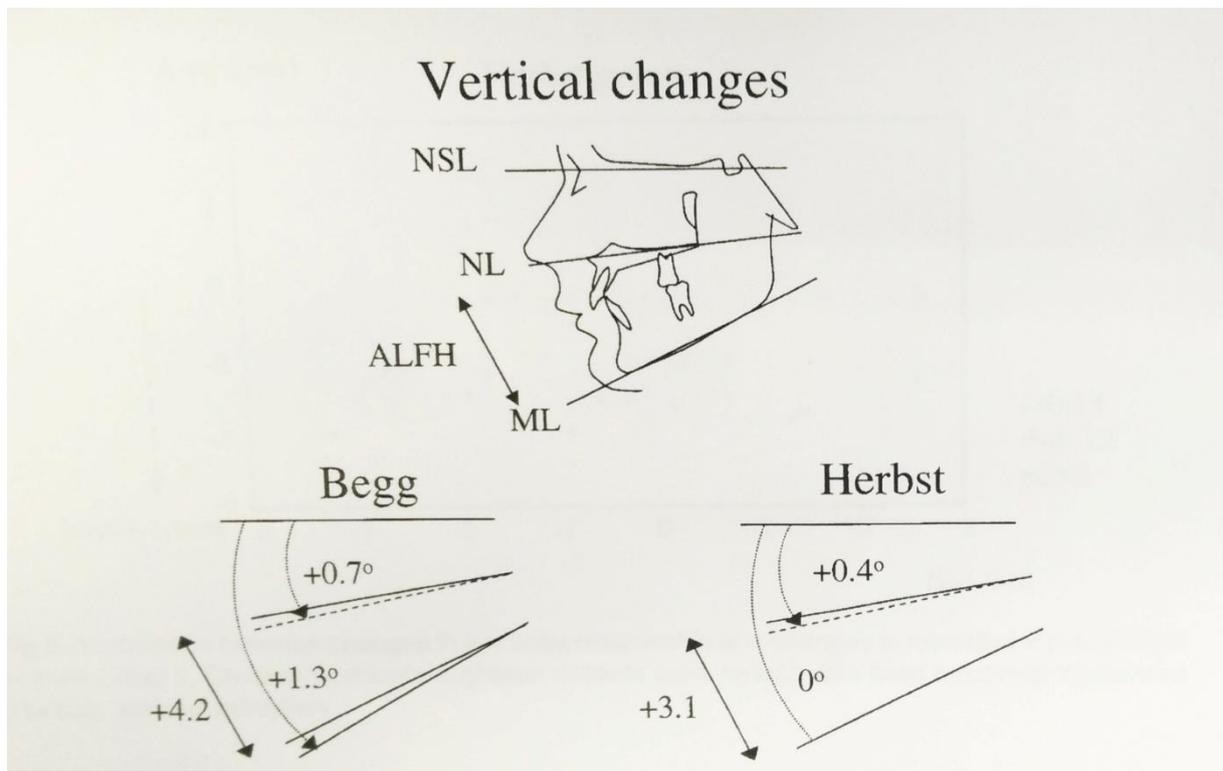


Figure 31: Comparaison des effets verticaux à court terme, entre les élastiques de classe II et le dispositif de Herbst dans l'étude de Nelson (2000)

- Comparaison des effets dento-alvéolaires

La réduction de l'overjet est plus importante dans le groupe élastiques (6.7 mm) que dans le groupe Herbst (4.6 mm) (Elastiques > Herbst, Significatif $P < .01$). Les incisives supérieures, présentent une rétrusion moyenne de 5.0 mm dans le groupe élastique, et de 2.2 mm dans le groupe Herbst (Elastique > Herbst, Significatif $P < .01$). Les incisives inférieures se retrouvent en position protrusive dans le groupes élastique (1.4 mm) tandis qu'elles sont inchangées dans le groupe Herbst (Elastique > Herbst, Significatif $P < .05$).

Dans le groupe élastiques, la réduction de l'overjet est réalisée par 4% d'effets squelettiques, 76 % d'effets sur les incisives maxillaires et 20% d'effets sur les incisives mandibulaires.

Dans le groupe Herbst, la réduction de l'overjet est réalisée par 51% d'effets squelettiques, et 49% aux effets sur les incisives maxillaires. (Figure 32 et 33)

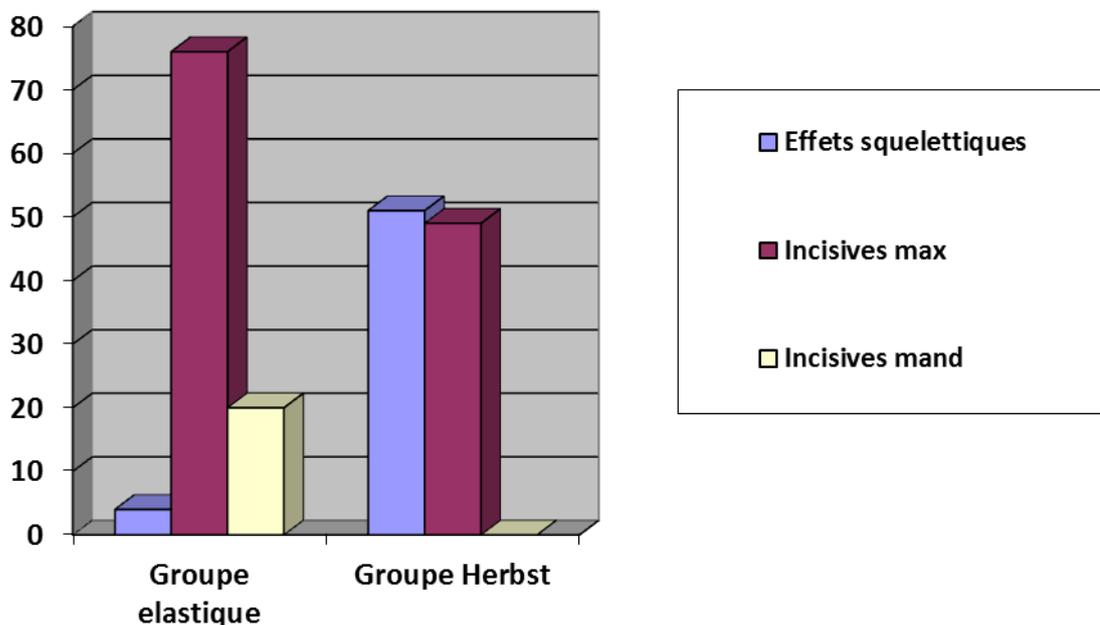


Figure 32: Elastiques versus Bielles de Herbst : réduction de l'overjet

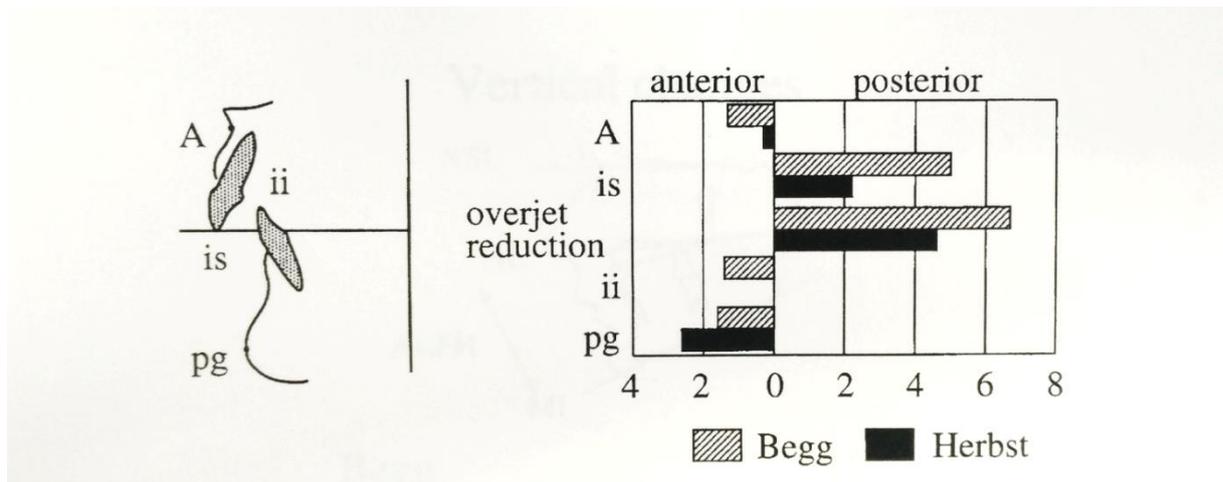


Figure 33: Elastiques versus Bielles de Herbst : réduction de l'overjet

La correction molaire est similaire dans les deux groupes : Elastiques 3.2 mm et Herbst 3.5 mm. Cette correction est réalisée dans le groupe élastiques par 10% d'effets squelettique, 23% d'effets sur les molaires maxillaires et 77% d'effets sur les molaires mandibulaires. Dans le groupe Herbst la correction molaire est réalisée par 66% d'effets squelettiques, 9 % d'effets sur les molaires maxillaires et 25% sur les molaires mandibulaires. (Figure 34 et 35)

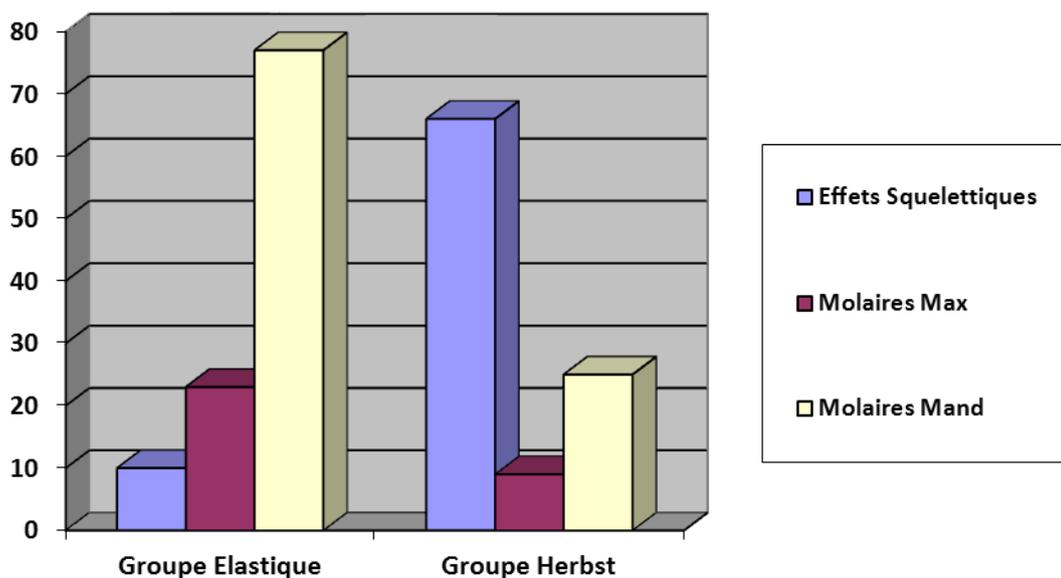


Figure 14: Elastiques versus Bielles de Herbst : Correction Molaire

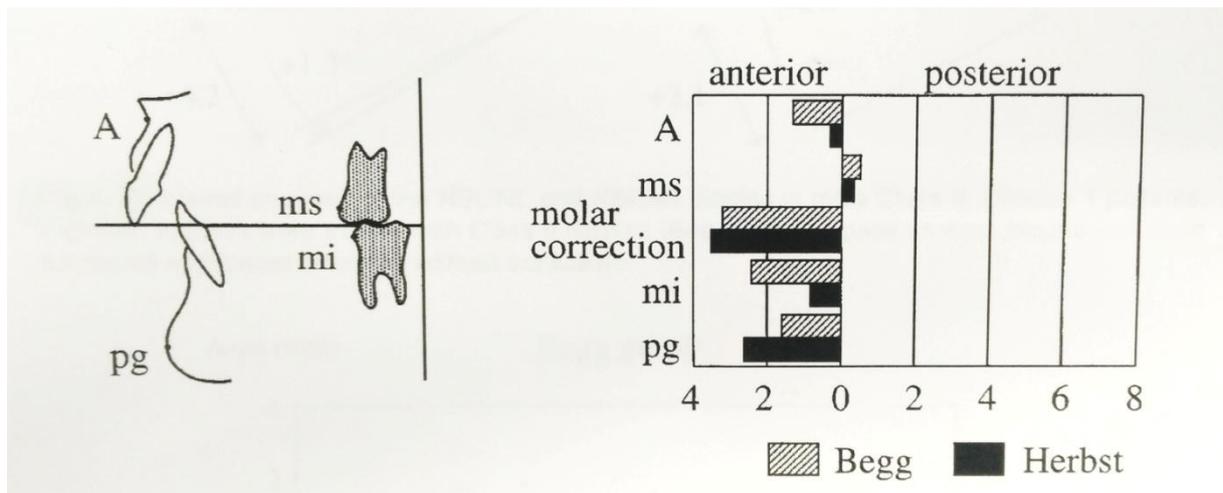


Figure 35: Élastiques versus Bielles de Herbst : Correction Molaire

- Conclusion

A court terme, les effets contribuant à la correction de la classe II avec les traitements par élastiques ou appareils fonctionnels, sont squelettiques et dento-alvéolaires. Les changements squelettiques sont plus importants avec le dispositif de Herbst. D' un autre côté, des changements verticaux favorables et défavorables plus prononcés, sont décrits avec les élastiques de classe II.

A long terme [70] :

Les résultats à long terme peuvent être intéressants car la poursuite de la croissance et du développement peuvent supprimer les effets des traitements et ainsi rendre les deux groupes comparables.

Nelson a poursuivi ses observations sur les patients de l'étude de 2000, pendant une période de 6 à 8 ans après la fin du traitement. 75% des patients originaux sont inclus dans cette étude.

- Comparaison des effets squelettiques

En comparant les deux groupes traités sur la période totale d'observation, on n'observe pas de différence significative pour l'amélioration des relations entre les bases maxillaires et mandibulaires, entre les patients traités par élastiques et ceux traités par Bielles de Herbst. La quantité totale d'amélioration de cette relation dans cette étude est similaire dans les deux groupes (-1.0 mm et -1.3 mm) et est en accord avec les autres études portant sur les effets des traitements précoces avec Bielles de Herbst sur une longue durée [119]. Cette amélioration est environ deux fois plus importante que celle chez des patients non traités (You (2001)).

Les résultats de l'étude de Nelson, indiquent que le prognathisme maxillaire augmente moins durant la durée totale de l'observation dans le groupe traité par Bielles (A-OLp +3.0 mm) que dans le groupe élastiques (+5.5 mm)

Il n'y a pas de différence de prognathisme mandibulaire entre les deux groupes, l'angle SNB augmente de 1.7° dans chacun. Cet effet est en accord avec l'étude à long terme de Hansen [47]

- Comparaison des effets verticaux

Dans cette étude, la réduction de l'overbite est similaire de manière significative dans chacun des groupes sur la période totale d'observation: -1.6 mm dans le groupe élastiques et -1.8 mm dans le groupe Herbst. On observe ainsi une légère récurrence de l'overbite durant la phase de suivi (+1.2 pour le groupe élastiques et +0.5 dans le groupe Herbst). Cette réduction totale est par ailleurs significativement supérieure à celle obtenue par la croissance seule, chez les patients non traités.

La hauteur de l'étage inférieur augmente significativement plus dans le groupe élastiques (+9.6 mm) que le groupe Herbst (+5.7 mm). Chez les patients non traités d'Amérique du Nord, porteurs de la malocclusion de Classe II, l'augmentation de la hauteur faciale inférieure reportée de 9 à 18 ans est d'environ 9 mm. Ceci indique que le traitement par Bielles de Herbst n'influencerait pas cette dimension verticale, tandis que les élastiques de classe II

augmentent la hauteur faciale inférieure, pas seulement pendant la phase active du traitement mais aussi à long terme.

L'augmentation de l'angle du plan mandibulaire pendant le traitement actif semble ne pas persister à long terme. Les changements à long terme de la valeur de l'angle du plan mandibulaire observés dans chacun des groupes sont similaires à ceux retrouvés chez des patients non traités (You 2001). Ainsi, l'angle du plan mandibulaire est influencé temporairement durant le traitement mais pas à long terme.

- Comparaison des effets dento-alvéolaires

La réduction totale de l'overjet dans les groupes élastiques et Herbst est de 4.0 mm. Durant la phase de suivi, on observe ainsi une récurrence de l'overjet (+1.5 mm dans le groupe élastiques et +0.5 mm dans le groupe Herbst). Ce résultat est en accord avec d'autres études préalables [119] alors que la quantité moyenne de réduction de l'overjet chez les patients classe II non traités de 12 ans jusqu'à l'âge adulte est de 1.0 mm.

On observe une récurrence des incisives maxillaires seulement dans le groupe élastiques avec une protrusion (+5.2°) des incisives supérieures durant la phase de suivi. A la fin de l'observation (T2), l'angulation des incisives supérieures sont significativement similaires dans les deux groupes (-4.7° et -5.0°). Chez les patients non traités, l'angulation des incisives supérieures augmentent d'environ 2°. Ainsi la rétroclinaison totale des incisives est d'environ 7° dans chacun des groupes.

Les incisives inférieures sont significativement vestibuloversées seulement dans le groupe élastiques et à la fin de l'observation totale (+3.1°). Les patients non traités présentent une vestibuloversion de 1.5° de moyenne. Ceci indique que les élastiques de classe II maintiennent leurs effets sur les incisives mandibulaires sur le long terme.

- Conclusion

Même si les effets de ces deux dispositifs diffèrent à court terme (après traitement actif), les différences ne persistent pas sur le long terme. Ceci indique que l'issue final du traitement des classe II est similaire quelque soit la technique orthodontique utilisée.

- **Conclusion** [48][71][70][102] :

En récapitulant les résultats des études comparatives, on peut conclure qu'à long terme, il n'y a pas de différence entre les effets des élastiques de classe II et les dispositifs fonctionnels amovibles ou fixes dans le traitement des malocclusions de Classe II.

A court terme, les Bielles de Herbst produisent des effets squelettiques plus importants que les élastiques de classe II. Cette différence est probablement due au fait que les Bielles sont fixes et ainsi portées continuellement pendant 24 heures, tandis que les élastiques fonctionnent seulement lorsqu'ils sont mis en place.

Ainsi, les études citées ne montrent pas seulement que les élastiques de classe II sont efficaces dans la correction de la malocclusion de classe II, mais aussi que les effets produits par ces auxiliaires sont similaires aux appareils fonctionnels. Cependant, la plupart de ces études sont rétrospectives. Ces dernières ne sont pas idéales, mais en absence d'évidences fortes, elles peuvent fournir des informations satisfaisantes pour guider notre approche clinique. Des études cliniques randomisées comparant les élastiques de classe II et les appareils fonctionnels sont nécessaires pour donner des détails supplémentaires sur les effets de ces dispositifs.

II.2.5 Revue de la littérature (Tableau 5)

Articles	Dispositifs comparés	Effets des traitements	Conclusion des auteurs
Jones et al (2008)	Elastiques II (34 patients) versus Forsus (34 patients)	<p>Groupe Elastiques :</p> <p>Squelettiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Maxillaire : Mésialisation +1.1 mm - Mandibulaire : Mésialisation +3.5 mm <p>Dento-alvéolaires :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Incisives Supérieures : - - Incisives Inférieures : Mésialisation +0.8 mm - Overjet : -2.8 mm - Molaires Supérieures : Mésialisation +0.6 mm - Molaires inférieures : Mésialisation +0.7 - Relation Molaire : +2.4 mm <p>Groupe Forsus :</p> <p>+1.1 mm de mésialisation de la molaire inférieure et +0.8 de correction de la relation molaire supplémentaire que le groupe élastiques</p>	Aucune différence statistiquement significative n'est démontrée entre les deux groupes. Le FFRD est un remplaçant acceptable des élastiques lorsque la coopération du patient n'est pas obtenue
Serbis-Tsarudis & Pancherz (2008)	Elastiques II (24 patients) versus Herbst (40 patients)	<p>Groupe élastiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Condyle: Position Sagittale -1.1 mm et Verticale +6.7 mm - Pogonion: Position Sagittale +1.2mm et Verticale -6.0 mm - Ligne de rotation : -0.1° <p>Groupe Herbst :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Condyle: Position Sagittale -2.7 mm et Verticale +7.5 mm - Pogonion: Position Sagittale +3.8 mm et Verticale -6.2 mm - Ligne de rotation : +0.7° 	<p>A court terme, les Bielles de Herbst ont des effets orthopédiques sagittaux favorables alors que les élastiques de classe II ne semblent pas en fournir.</p> <p>A long terme, les élastiques de classe II et les Bielles de Herbst semblent avoir les même effets sur la mandibule.</p>
Nelson et al (2007)	Elastiques II (15 patients) versus Herbst (15 patients)	<p>Le groupe Elastiques présent, en plus du groupe Herbst :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Récidive Overjet supplémentaire de +1.5 mm - Récidive Incisive Supérieure : Protrusion supplémentaire de +2.6 mm - SNA : +1.2°, SNB : +2.3° 	L'issue final du traitement de la malocclusion de classe II semble être similaire et indépendante du dispositif orthodontique utilisé.

Tableau 5: Principaux effets des études comparant les élastiques de classe II et un autre dispositif

Articles	Dispositifs comparés	Effets des traitements	Conclusion des auteurs
Nelson et al (2000)	Elastiques II (18 patients) versus Herbst (18 patients)	<p>Groupe Elastiques vs. Groupe Herbst :</p> <p>Squelettiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Maxillaire : +1.3 mm vs +0.3 mm - Mandibule : +1.6 mm vs +2.6 mm - Amélioration de relation des bases : -0.3 mm vs -2.3 mm <p>Dento-alvéolaires :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Overjet : -6.7 mm vs -4.6 mm - Incisives Maxillaires : -5.1 mm vs -2.2 mm - Incisives Mandibulaires : +1.4 mm vs inchangée - Correction Molaire : 3.1 mm vs 3.5 mm - Overbite : -4.1 mm vs -2.4 mm <p>Hauteur Faciale inférieure : +4.2 mm vs +3.2 mm</p>	<p>Les effets contribuant à la correction de la classe II avec des traitements par élastiques ou Bielles de Herbst sont dento-squelettiques. Les changements squelettiques sont cependant, plus importants avec le Bielle de Herbst. D'un autre côté, des effets verticaux favorables et défavorables sont observés et plus prononcés avec les élastiques. Les résultats à long terme seront intéressants car la poursuite de la croissance et du développement peuvent supprimer les effets des traitements et rendre peut-être les groupes de nouveau comparable.</p>
Ellen et al (1998)	Elastiques II selon ancrage edgewise standard (26) versus ancrage cortical (30)	<p>Groupe Ancre « cortical » :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Incisives mandibulaires : +2.43 mm - Molaires mandibulaires : +3.68 mm <p>Groupe Ancre standard :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Incisives mandibulaires : +3.07 mm - Molaires mandibulaires : +3.23 mm 	<p>Les élastiques peuvent être utilisés à efficacité égale avec une technique bioprogressive ou une technique edgewise (aucune différence statistiquement significative entre les groupes pour les mesures squelettiques ou dentaires). Les patients traités sous edgewise présentent une bascule horaire du plan d'occlusion, non observée dans le groupe bioprogressif. L'ancrage cortical n'améliore pas et/ou ne compromet pas l'ancrage molaire.</p>
Gianelly et al (1984)	Elastiques II (16) versus Frankel II (16) et force extra-orale (17)	<p>Groupe Elastiques :</p> <p>Réduction de l'angle SNA : -0.37° Augmentation de l'angle SNB : +0.34° Augmentation Longueur mandibulaire (Ar-Gn) : +2.90 mm Hauteur Faciale (N-M) : +6.12 mm</p>	<p>Les effets des 3 dispositifs ne présentent pas de différences statistiquement significatives, sur aucune variable. Les résultats indiquent qu'aucune réponse aux traitements n'est spécifique à une technique.</p>

Tableau 5 : Principaux effets des études comparant les élastiques de classe II et un autre dispositif

II.3 Effets temporo-mandibulaires des élastiques de classe II

Lors de l'utilisation de dispositifs orthodontiques multiattaches avec élastiques de classe II, l'opinion générale est que la correction des malocclusions de classe II est accomplie par des effets dento-alvéolaires et non par des effets squelettiques et/ou des effets temporo-mandibulaires. Cependant des études expérimentales sur des singes et des rats, ont montré des modifications du condyle et de la fosse glénoïde avec un traitement par des élastiques de classe II. Sur l'homme, cela n'a jamais été vérifié [102].

II.3.1 Remodelage du condyle [62]

Mai (2014) compare dans son étude, la morphologie des condyles de 20 patients traités par Twin-Block, 20 patients traités par élastiques de classe II, et 20 patients non traités avant et après traitement. Les effets temporo-mandibulaires sont évalués par Cone-Beam.

- Effets des élastiques (« seuls ») comparés au groupe contrôle

Dans l'étude de Mai, le diamètre antéro-postérieur du condyle et la hauteur condylienne supérieure augmente après traitement par élastiques de classe II. La largeur antéro-postérieure du condyle (8.44+/-1.03 mm) et la hauteur condylienne supérieure (7.24 +/- 0.89 mm) sont significativement ($P < .05$) plus importantes après traitement que dans le groupe contrôle (respectivement 7.47 +/- 1.27 mm et 6.47 +/- 1.56 mm)

- Effets des élastiques comparés au traitement orthopédique (Twin-Block)

Aucune différence statistiquement significative n'est observée entre les deux groupes traités après traitement.

II.3.2 Position du condyle [102]

Serbesis-Tsarudis, dans son étude menée en 2007, compare la position condylienne des patients traités orthodontiquement par un système multiattache (Tip-Edge) associé à des élastiques de Classe II à celle des patients traités par orthopédie avec Bielles de Herbst et à celle des patients possédants une occlusion jugée comme idéale (Bolton Standard) pour des durées de traitements de 6 mois (correspondant à l'arrêt du traitement actif par Bielle) et 2,6 ans (correspondant à l'arrêt du traitement actif par multiattaches et élastiques).

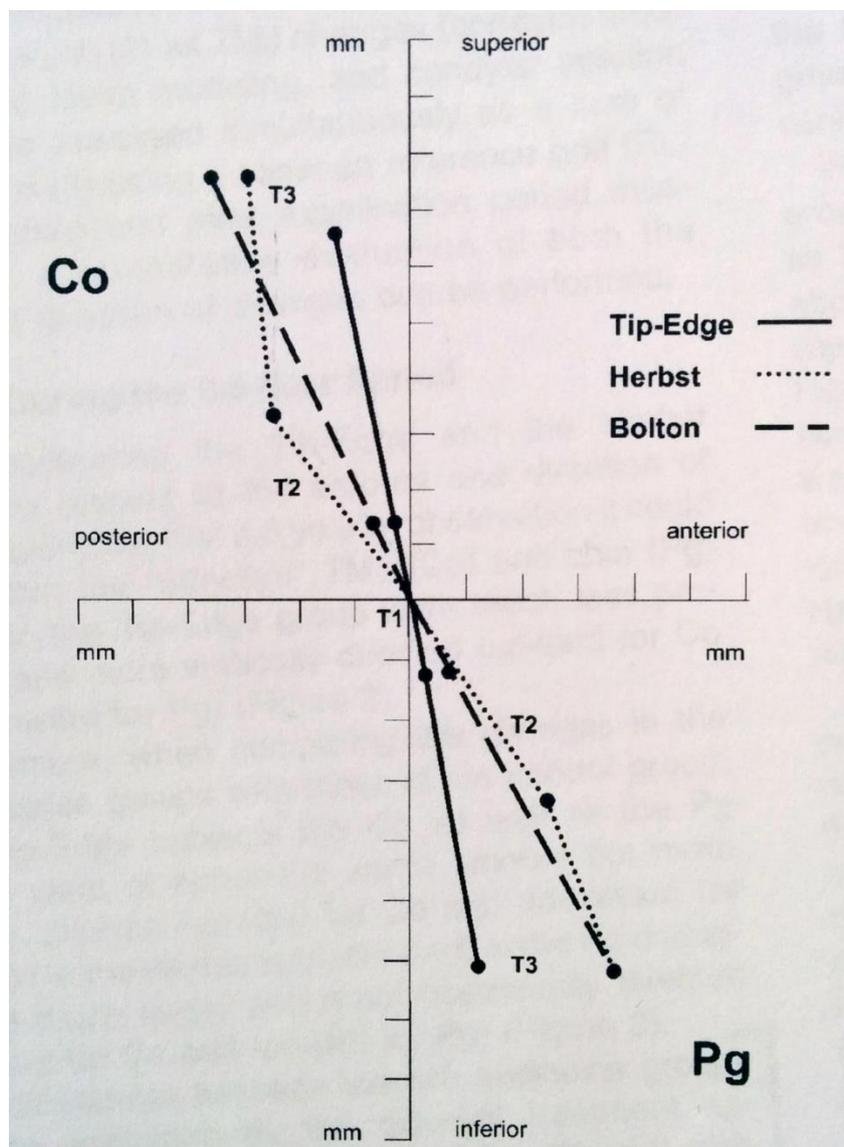


Figure 36: Effets sur la position condylienne et sur la position du pogonion dans les groupes élastiques (Tip-Edge), Herbst, et Bolton

- Effets des élastiques de classe II comparés au groupe contrôle

Pour une période de traitement de 6 mois, le condyle (point Co), se retrouve 0,5 mm moins postérieur et à un niveau similaire dans le sens vertical, en comparaison avec le groupe témoin. De plus, la ligne de rotation mandibulaire, représentée par la ligne, passant par le bord incisif de l'incisive centrale mandibulaire et par la cuspside disto-vestibulaire de la 1^{ère} molaire est similaire au groupe contrôle.

Ces modifications de la position condylienne et de la direction de croissance mandibulaire a une incidence directe sur la position du menton et donc de la mandibule dans la correction de la malocclusion de classe II. Pour une période de traitement de 6 mois, le pogonion (Pg) est 0,5 mm plus postérieur et 0,1 mm plus bas que le groupe témoin.

Ainsi, les traitements orthodontiques par élastiques de Classe II entraînent en 6 mois sur la position condylienne, des changements sagittaux et verticaux, de même quantité et direction que le groupe témoin.

En revanche, pour une durée de traitement de 2,6 ans (correspondant à la fin du traitement actif orthodontique), le condyle se retrouve 2,4 mm moins postérieur et 0,8 mm plus bas que le groupe témoin. La ligne de rotation mandibulaire, se retrouve 0,1° plus postérieure que le groupe contrôle présentant une occlusion idéale. Le pogonion se retrouve 2,6 mm moins antérieur et 0,3 mm moins bas que le groupe témoin.

Ainsi, les effets temporo-mandibulaires engendrés par le traitement orthodontique sur la position condylienne, sont inférieurs en quantité en comparaison au groupe témoin. Cependant, la direction des effets est verticalisée avec le traitement orthodontique (ce qui ne va pas dans le sens de la correction de la classe II).

- **Effets des élastiques de Classe II comparés au traitement orthopédique (Bielles de Herbst)**

Pour une durée de traitement de 6 mois et en comparaison avec les patients traités avec l'appareil fonctionnel, le condyle des patients traités orthodontiquement se retrouve 2,3 mm moins postérieur et 1,7 mm moins haut. La ligne de rotation est $0,1^\circ$ moins postérieure que le groupe sous orthopédie. Ces modifications de la position condylienne et de la direction de croissance mandibulaire ont une incidence directe sur la position du menton et donc de la mandibule dans la correction de la malocclusion de classe II. Le pogonion est 2,1 mm moins antérieur et 1,9 mm moins haut que les patients sous appareil fonctionnel.

Ainsi pour une durée de traitement de 6 mois (correspondant à la fin du traitement actif par Bielles), les effets temporo-mandibulaires du traitement orthodontique par élastiques de Classe II en comparaison au traitement orthopédique sont moins prononcés dans le sens sagittal. Les effets des élastiques sont donc plus dirigés dans le sens vertical (vers le haut pour le condyle et vers le bas pour le menton), tandis que les effets des Bielles de Herbst sont plus sagittaux et plus importants.

En revanche, pour une durée de traitement de 2,6 ans, le point Co se retrouve 1,6 mm moins postérieur et 0,8 mm moins haut que les patient traités par traitement orthopédique. La ligne de rotation mandibulaire se retrouve $0,8^\circ$ moins postérieure que les patients soumis à l'orthopédie. Le point Pg est 2,6 mm moins antérieur et 0,2 mm moins bas que les patients traités avec appareil fonctionnel.

Ainsi, pour une durée de traitement de 2,6 ans (correspondant à la fin du traitement orthodontique), les effets engendrés dans le sens sagittal, sont légèrement inférieurs pour le traitement orthodontique. (Durant les 2 ans suivant l'absence de traitement orthopédique dans le groupe traité par Bielles de Herbst, on observe un changement ou rattrapage de croissance : celle-ci se retrouve plus faible en quantité et plus verticale. Ceci a été vérifié plus tôt dans certaines études [81][96][80]. Cependant, ces effets sont plus verticalement dirigés (vers le haut pour le condyle et vers le bas pour le menton) pour le traitement orthodontique.

Les différences d'effets entre les deux traitements peuvent être expliquées par leurs différentes approches dans la correction de la malocclusion:

- les élastiques de classe II semblent avoir aucun effet sur la quantité et la direction de croissance mandibulaire.
- En revanche, la force de propulsion mandibulaire créée par l'appareil fonctionnel (bite jumping), ainsi que la stimulation de la croissance condylienne en direction postérieure, et le remodelage de la fosse glénoïde, entraînent un mouvement antérieur du condyle par rapport au crâne.

- **Conclusion**

Les élastiques de classes II sur multiattaches (approche orthodontique) n'ont pas d'effet temporo-mandibulaire sagittal favorable pour la correction des malocclusions de classe II.

II.3.3 Modifications du disque articulaire [1]

Les modifications de la position et de la forme du disque articulaire au cours d'un traitement orthodontique sont évaluées dans l'étude d'Aidar (2010) sur 23 patients par IRM.

- Effets sur la position du disque

Les effets orthodontiques sur la position du disque sont évalués bouche ouverte (BO) et bouche fermée (BF).

En BF, aucune différence statistiquement significative n'est observée après 2 ans de traitement. De même en BO, aucune différence significative de position du disque n'est observée. Cependant sur 4 articulations de l'étude, le disque se retrouve interposé entre le condyle et l'éminence articulaire dans chaque situation ($P < .05$) (la position du disque articulaire est considérée comme normale en BO, si la zone intermédiaire du disque est interposée entre le tubercule articulaire et le condyle mandibulaire sur toutes les coupes de l'IRM).

- Effets sur la forme du disque

En BO ou BF, même si quelques altérations sporadiques de la forme du disque sont relevées, aucune différence statistiquement significative n'est observée.

II.3.4 Tableau synthétique récapitulatif (Tableau 5)

Effets temporo-mandibulaires	Effets des élastiques
Remodelage condylien	Augmentation significative de la largeur antéro-postérieure et de la hauteur du condyle
Position Condylieune	Aucun effet sagittal favorable mais direction de croissance verticalisée
Modifications du disque articulaire	Aucune modification significative de la forme et de la position du disque articulaire

Tableau 5 : Effets temporo-mandibulaires des élastiques de classe II

II.4 Conclusion (Tableau 6)

Les élastiques de classe II sont efficaces dans la correction des malocclusions de classe II.

Leurs effets sont principalement dento-alvéolaires avec :

- Linguoversion, rétrusion et extrusion des incisives supérieures.
- Vestibuloversion et intrusion des incisives inférieures.
- Mésialisation et extrusion des molaires mandibulaires.

A long terme, leurs effets sont similaires à ceux des appareils fonctionnels. Ainsi, l'efficacité de ces dispositifs est proche lorsqu'on les compare.

Effets dento-squelettiques	Effets supplémentaire des élastiques Par rapport au groupe control
<u>SQUELETTIQUES</u>	
- Maxillaire	Pas d'effet significatif
- Mandibulaire	Pas d'effet significatif
<u>DENTO-ALVEOLAIRES</u>	
- Incisives Supérieures	Distalisation de -2.7 mm Linguoversion 7.8°
- Incisives Inférieures	Mésialisation +1.0 mm Vestibuloversion 4.3°
- Overjet	Réduction -5.2 mm
- Molaires Supérieures	Pas d'effets significatifs
- Molaires Inférieures	Mésialisation +1.0 mm Extrusion +1.7 mm
- Relation Molaire	Réduction de -2.5 mm
<u>VERTICAUX</u>	
- Hauteur Faciale Inférieure	Augmentation 1.9°
- Overbite	Réduction -3.7 mm
<u>TEMPORO-MANDIBULAIRES</u>	
- Remodelage condylien	Augmentation significative de la largeur antéro-postérieure et de la hauteur du condyle
- Position condylienne	Aucun effet sagittal favorable mais direction de croissance verticalisée
- Modifications du disque	Aucune modification significative de la forme et de la position du disque articulaire

Tableau 6 : Effets dento-squelettique et temporo-mandibulaires des élastiques de classe II

III. APPORT DES NOUVELLES TECHNIQUES

III.1 Effets des traitements de classe II avec ancrages squelettiques [5]

Un des objectifs de l'orthodontie est d'obtenir un déplacement dentaire avec le minimum d'effets indésirables. L'importance de l'ancrage est donc fondamentale. Traditionnellement, l'ancrage peut être renforcé en augmentant le nombre de dents concernées ou en s'appuyant sur la musculature ou sur des dispositifs extra-buccaux. Cependant la démocratisation des traitements chez l'adulte entraîne aujourd'hui un attrait grandissant pour les traitements esthétiques et nécessitant un minimum de coopération. Ceux-ci ont contribué à favoriser l'utilisation des minivis qui constituent un ancrage squelettique stable et facile à utiliser.

La plupart des études de la littérature sur les traitements de classe II avec ancrages squelettiques concernent la rétraction « en masse » des incisives maxillaires lors de thérapies extractionnelles. Très peu d'articles traitent de la correction sagittale de cette malocclusion.

Aslan en 2013, évalue les effets du dispositif orthopédique Forsus Fatigue Resistant Device (FFRD) utilisé de manière conventionnelle (figure 37), ou employé avec un ancrage par minivis (figure 38 et 39) en comparaison avec un groupe contrôle non traité sur une durée de 6 mois.



Figure 37 : Dispositif du FFRD employé de manière conventionnelle

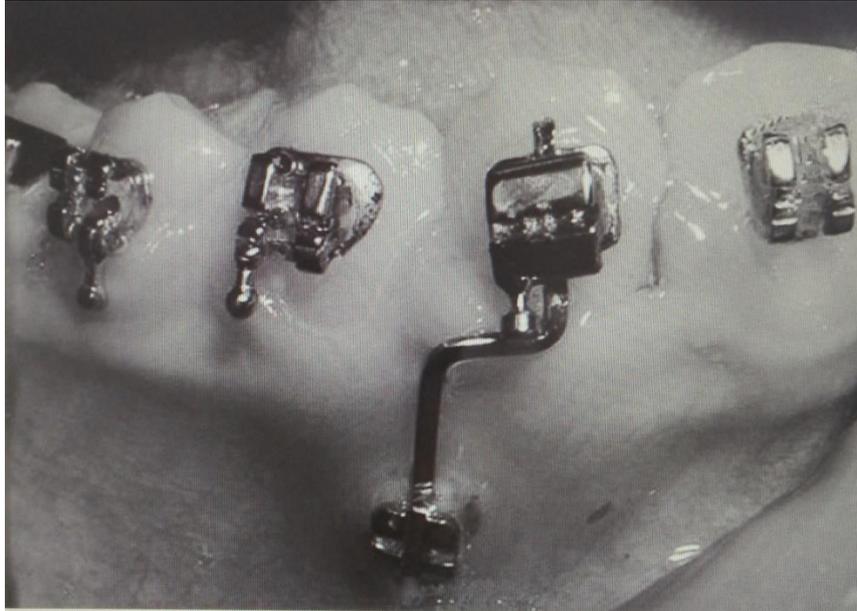


Figure 38 : Minivis implantée dans la zone entre la canine et la première prémolaire mandibulaire

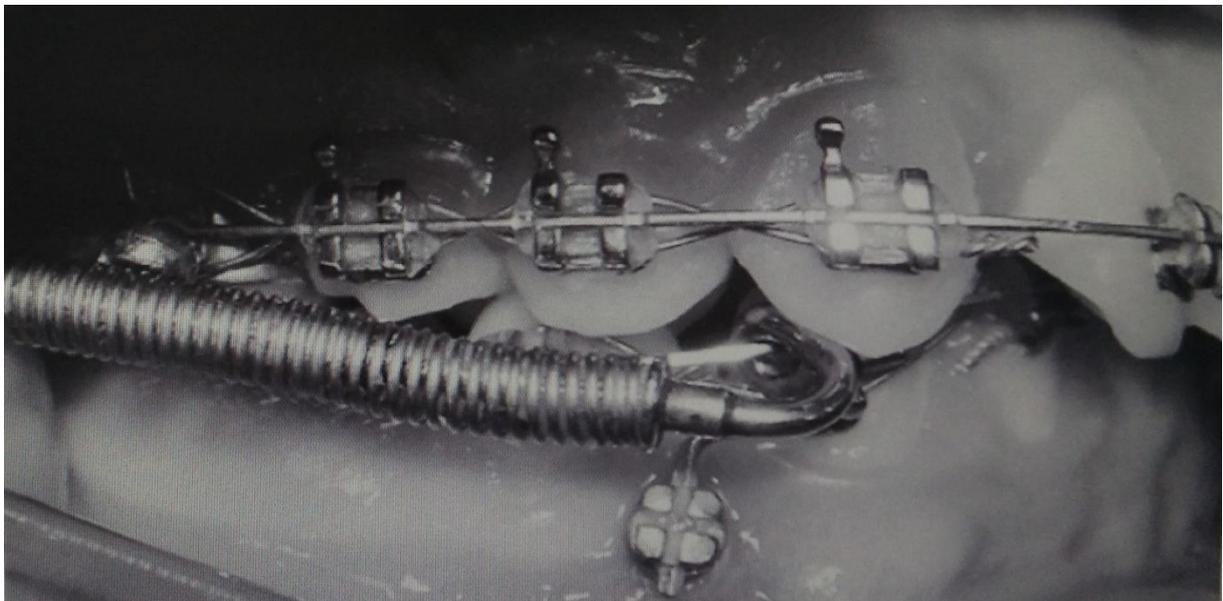


Figure 39: Dispositif du FFRD employé avec un ancrage par minivis

III.1.1 Effets du dispositif orthopédique avec minivis versus groupe contrôle

- Effets squelettiques

A l'arcade maxillaire, aucun effet squelettique n'est relevé en comparaison avec le groupe traité dans cette étude. Ceci est en accord avec les résultats de Günay (2011) et Weiland & Bantleon (1995) [44][118]. Cependant, plusieurs auteurs, dont Franchi (2011) cité dans ce travail, rapportent une restriction significative de la croissance du maxillaire. Cette différence est certainement due aux durées de traitement différentes entre les études [33].

A l'arcade mandibulaire également, aucun effet n'est retrouvé dans cette étude concernant la position sagittale ou la longueur mandibulaire. Ceci est en accord avec les conclusions de Franchi (2011).

Les auteurs supposent que cette absence d'effet est due soit à une durée de traitement trop courte, soit à une résistance des minivis à la force exercée par le dispositif orthopédique.

- Effets dento-alvéolaires

A l'arcade maxillaire

Au niveau des incisives, dans l'étude de Aslan, pour une durée de traitement de 6 mois et en comparaison avec le groupe contrôle, le FFRD utilisé avec des minivis entraîne de manière significative une rétrusion de -3.4 mm (-3.1 contre +0.3 mm) et une palatoversion de 9° (-8.9 contre +0.1°) des incisives supérieures.

Au niveau des molaires, on observe uniquement une distalisation significative de 2.4 mm (-2.1 contre +0.3 mm) de la première molaire supérieure.

A l'arcade mandibulaire

Au niveau antérieur, le FFRD utilisé avec minivis provoque en comparaison avec le groupe contrôle seulement une intrusion significative de 1.4 mm (-0.7 contre +0.7) des incisives inférieures.

Au niveau postérieur, ce dispositif n'entraîne qu'une extrusion significative de 1.0 m (+1.4 contre +0.4 mm) de la première molaire inférieure.

Effets inter-arcades

Le FFRD, entraîne des effets favorables pour la correction de la classe II, avec une réduction significative de l'overjet de -4.2 mm (-4.2 contre 0.0 mm) et une amélioration de la relation molaire de -3.1 mm (-3.5 contre -0.4 mm).

La correction molaire de 3.5 mm est réalisée par 2.1 mm de distalisation de la molaire maxillaire (60%) et 1.4 mm de mésialisation de la molaire mandibulaire (40%).

- Conclusion

L'utilisation de minivis avec le dispositif orthopédique est efficace dans la correction de la malocclusion de classe II. Les effets engendrés sont principalement dento-alvéolaires.

III.1.2 Effets du dispositif orthopédique avec minivis versus dispositif orthopédique conventionnel

- Effets squelettiques

Il n'existe aucune différence significative entre les deux groupes concernant les bases maxillaires ou mandibulaires. On n'observe pas d'effet squelettique sagittal ou vertical du dispositif orthopédique avec ou sans minivis.

- Effets dento-alvéolaires

La différence d'effets entre les deux groupes est plus intéressante au niveau dento-alvéolaire. En effet, les modifications sont plus proéminentes dans le groupe avec le dispositif sans minivis. On observe trois variables céphalométriques différentes :

- La mésialisation et la mésioversion des molaires inférieures sont supérieures dans le groupe sans minivis
- La distalisation de la molaire maxillaire est supérieure dans le groupe avec minivis
- La rétrusion des incisives supérieures est supérieure dans le groupe avec minivis
- La protrusion des incisives inférieures est inférieure dans le groupe avec minivis

La moindre mésialisation ou mésioversion molaire et protrusion incisive à l'arcade mandibulaire démontre l'ancrage supérieur de l'arcade inférieure avec les minivis. La distalisation supérieure de l'arcade maxillaire renforce cette idée.

- Conclusion

L'utilisation des minivis renforce l'ancrage de l'arcade mandibulaire réduisant, voire annulant la mésialisation de l'arcade mandibulaire et ainsi la protrusion des incisives inférieures (effet défavorable des thérapies fonctionnelles). Cet effet permet d'avoir une alternative au traitement des patients de classe II avec des incisives mandibulaires protrusives.

III.2 Effets des traitements de classe II avec aligneurs esthétiques



Figure 40: Photographies exo-buccales de face d'une patiente avec traitement par aligneurs au CHU de Nantes ; à gauche sans aligneurs, à droite avec aligneurs



Figure 41: Photographies exo-buccales du sourire d'une patiente avec traitement par aligneurs au CHU de Nantes ; à gauche sans aligneurs, à droite avec aligneurs

La possibilité d'utiliser des appareils orthodontiques transparents a été introduite en 1946 lorsque Kesling a conçu l'idée d'utiliser une série de Tooth Positionners thermoplastiques pour passer progressivement d'une arcade non alignée à une arcade optimisée. En 1997, Align technology a incorporé des technologies modernes à ce concept, pour créer les aligneurs esthétiques que nous connaissons, rendant ainsi le concept de Kesling comme une option possible de traitement [94]. (Figure 40 et 41)

Bien que ces techniques d'aligneurs transparents ont été décrit comme sûres, esthétiques, et confortables pour les patients, seulement quelques investigations [56][57] ont porté sur la prévisibilité des mouvements dentaires que ces dispositifs peuvent engendrer.

En 2005, Lagravère et Flores-Mir ont publié une revue de littérature dans laquelle seules deux études [114][10] répondaient aux critères d'inclusions liés à l'efficacité du traitement Invisalign. Les auteurs ont conclu qu'aucune conclusion solide ne peut être prise concernant les effets du traitement de ce type de dispositif. Ainsi, les cliniciens qui veulent utiliser ces aligneurs doivent s'appuyer sur leur expérience clinique, sur l'avis des experts et sur les données limitées publiées [60].

En 2014, Gabriele Rossini [94] a publié une revue de la littérature dans laquelle onze études ont répondu aux critères d'inclusions (quatre études étaient rétrospectives non randomisées [57][26][106], cinq étaient prospectives non randomisées [28,55,56,59,83], et seulement deux étaient prospectives randomisées [7,15].

Cette revue conclue que :

- La plupart des études présentent des problèmes méthodologiques (petite taille d'échantillon, biais, variables confondues, erreur d'analyse, l'aveugle dans les mesures, ...). Le niveau de ces études n'est pas suffisant pour obtenir des conclusions fortes d' « evidence-based ».
- Les aligneurs sont efficaces dans l'alignement et le nivellement des arcades des patients sans croissance. Ces dispositifs sont aussi efficaces dans le contrôle des molaires supérieures lorsqu'une distalisation de 1.5 mm est recherchée.
- Les aligneurs sont comparables aux techniques orthodontiques classiques lorsque l'intrusion des incisives est recherchée.

- Les aligneurs ne sont pas effectifs dans le contrôle de l'extrusion antérieure et dans le contrôle des rotations dentaires.
- Les aligneurs transparents requièrent l'utilisation d'auxiliaires (Attachement, boutons, élastiques inter-maxillaires (figure 42)) pour améliorer la prédictibilité des mouvements.

Cependant, en 2015 très peu d'études publiées permettent d'apprécier les effets des aligneurs avec leurs auxiliaires, en particulier avec les élastiques inter-maxillaires de classe II dont ce travail fait l'objet. Seuls des « case reports » sont présentés, dont celui de Schupp en 2010 [101].



Figure 42: Photographie endo-buccale d'une patiente du CHU de Nantes avec traitement par aligneurs associés à des élastiques de classe II

De nouvelles études, prospectives, randomisées et contrôlées sont donc nécessaires pour tirer des conclusions sur ces dispositifs et leurs auxiliaires.

III.3 Effets des traitements de classe II avec des dispositifs magnétiques : le Sydney Magnoglide [88]

Les forces magnétiques ont été utilisées en orthodontie pour les mouvements dentaires [9,11,41,109] et la correction orthopédique [24,25,110,111,113] avec divers degrés de succès. Les avantages des aimants par rapports aux systèmes conventionnels sont l'absence de friction, la diminution de la fatigue des matériaux, et la capacité de produire des forces prévisibles sur de longues périodes de temps, sans contact direct [23]. Différents appareils magnétiques fonctionnels ont été décrits dans la littérature dans lesquels la mandibule est repositionnée en avant avec l'aide des forces magnétiques [24,112,113].

Le manque de coopération et les fractures d'appareils sont des causes évidentes d'échecs de traitements. Un nouvel appareil fonctionnel magnétique a été développé pour corriger ces défauts : le Sydney Magnoglide (figure 43). Cet appareil fixe comporte des blocs de résine maxillaire et mandibulaire collés à droite et à gauche. Chaque bloc comporte un aimant incorporé permettant de positionner la mandibule dans une position de Classe I (figure 43). L'absence de mobilité de l'appareil réduit la probabilité de fracture et améliore le confort du patient. Les effets dento-squelettiques de cet appareil sont décrits par Angie Phelan dans son étude de 2012.

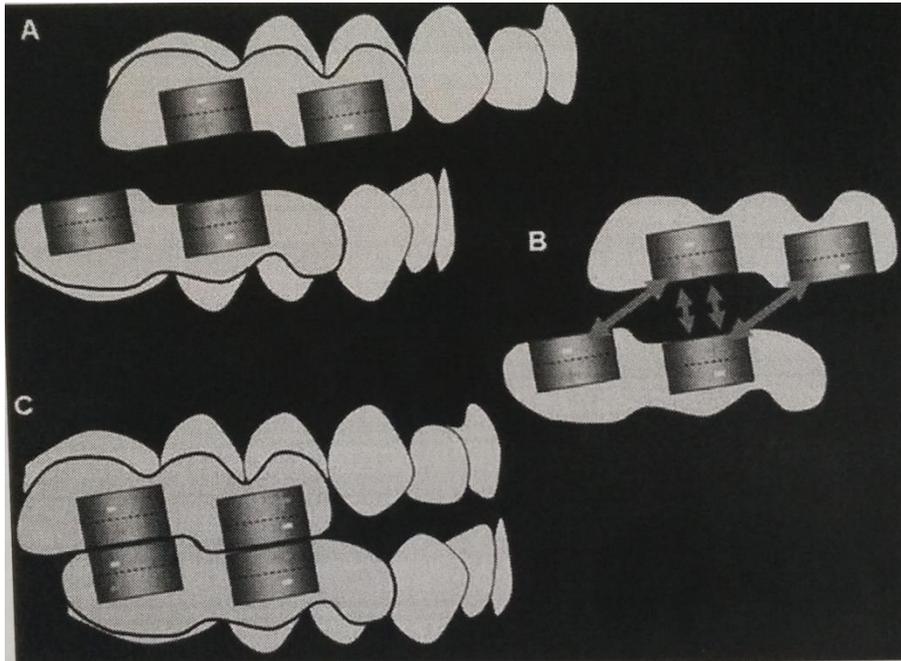


Figure 43: Principe des forces magnétiques du Sydney Magnoglide : A et B, en relation centrée (Classe II), l'aimant distal maxillaire repousse l'aimant mésial mandibulaire, inhibant la fermeture en relation de classe II ; C, l'aimant distal maxillaire et l'aimant distal mandibulaire s'attirent entre eux (idem pour les aimants mésiaux) de manière à positionner la mandibule en avant en position de Classe I

III.3.1 Effets post-traitement actif

- Effets squelettiques

Les effets squelettiques de ce dispositif concernent surtout la base mandibulaire. La restriction de croissance maxillaire en comparaison avec le groupe contrôle est significative (SNA -1.3° : -0.8° contre $+0.5^{\circ}$) mais l'impact clinique est minime.

A la base mandibulaire, la comparaison de la mesure de Co-Gn entre les deux groupes, montre un gain significatif de la longueur mandibulaire dans le groupe traité de 2.5 mm (5.2 contre 2.7 mm). Cet effet est similaire en quantité avec les autres dispositifs magnétiques [112] mais inférieur au Bielles de Herbst.

Ces changements entraînent aux niveaux inter-maxillaires, une réduction significative de l'angle ANB de 1.6° (-1.2 contre $+0.4^\circ$). Ceci démontre que ce dispositif entraîne des modifications squelettiques favorables au traitement de la malocclusion de classe II.

Les effets squelettiques dominants de ce dispositif peuvent être attribués à des forces légères transmises par cet appareil magnétique et à l'absence de connexion maxillo-mandibulaire rigide. Les forces magnétiques avancent progressivement la mandibule au cours des six ou huit premières semaines de traitement. En revanche, avec la Bielle de Herbst, une plus grande protrusion est réalisée en une seule étape, et cette position protrusive est maintenue en permanence par le patient. L'avancement progressif a montré des effets plus favorables sur la modification de croissance mandibulaire que l'avancement en une seule étape [31,81].

- Effets dento-alvéolaires

Les changements dento-alvéolaires touchent principalement l'arcade maxillaire. Ce dispositif, en comparaison avec le groupe contrôle, provoque une rétrusion significative des incisives supérieures de 1.8 mm (-1.0 contre $+0.8$ mm) et un mouvement distal significatif des molaires supérieures de 1.7 mm (-1.2 mm contre $+0.5$ mm)

Les effets sur l'arcade mandibulaire ne sont pas significatifs.

- Effets inter-arcades (figure 44 et 45)

En comparaison avec le groupe contrôle, le Sydney Magnoglide entraîne une réduction significative de l'overjet de 3.5 mm (-3.4 contre $+0.1$ mm) et amélioration de la correction molaire de 4.7 mm (-4.7 contre 0.0 mm). La responsabilité des effets squelettiques et dento-alvéolaires dans la réduction de l'overjet et dans l'amélioration des rapports molaires est résumée dans le diagramme de Phelan (figure 45).

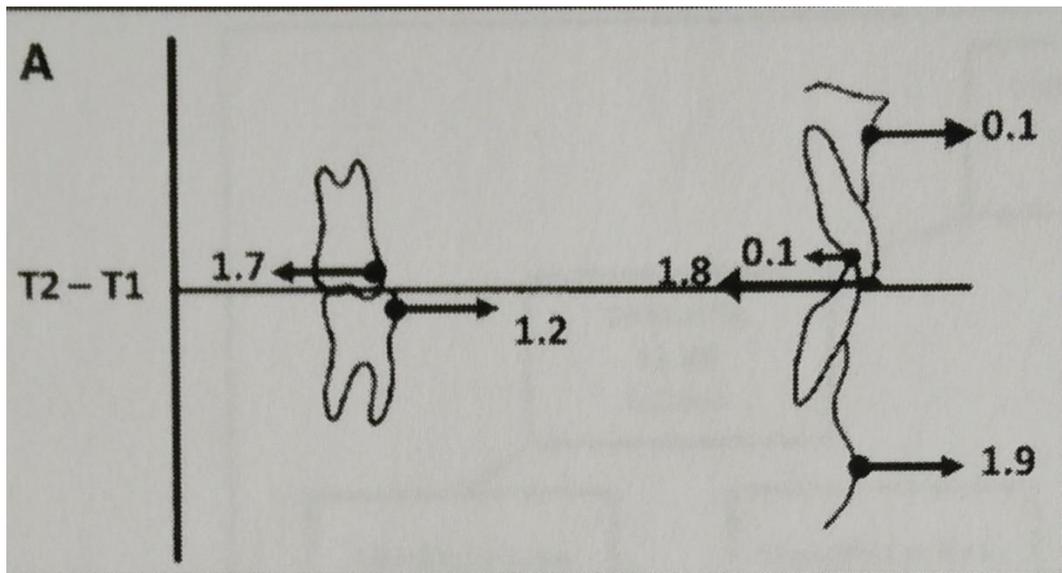


Figure 44: Effets inter-arcades supplémentaires durant la phase active engendrés par le Sydney Magnolide en comparaison avec le groupe contrôle

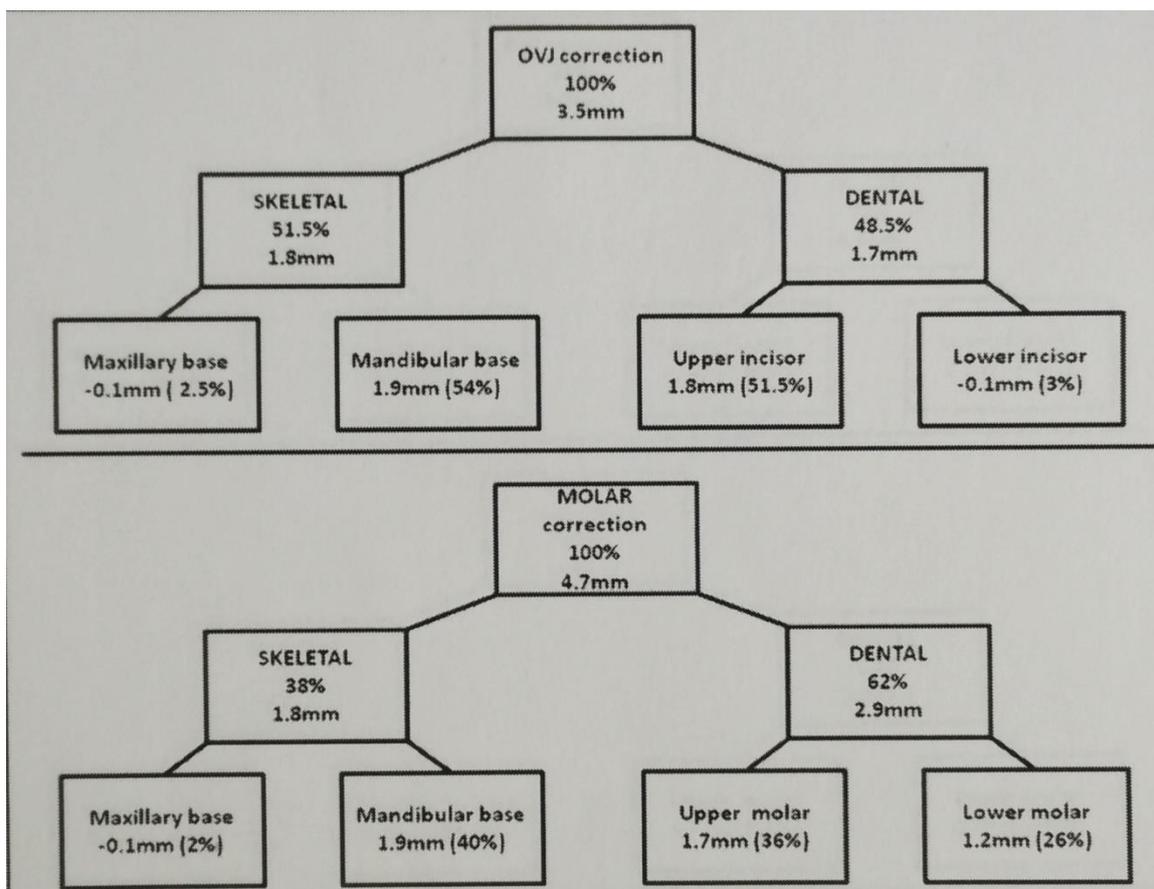


Figure 45: Effets inter-arcades du Sydney Magnolide après le traitement actif dans l'étude de Phelan (2012)

Avec le Sydney Magnoglide, les forces magnétiques sont actives seulement quand le patient ferme la bouche, ainsi la denture subit des forces non-continues. Ceci s'explique par le fait que la force d'attraction des aimants diminue considérablement lorsque la distance entre les aimants augmente selon la loi Coulomb (caractéristique constante des appareils fonctionnels magnétiques). La nature discontinue des forces magnétiques explique la réduction inférieure de l'overjet et de la correction molaire dans cette étude comparée, aux études sur la Bielle de Herbst. En effet, avec le Sydney Magnoglide, la correction de l'overjet de la relation molaire est respectivement de 3.5 et 4.7 mm alors qu'avec la Bielle de Herbst la correction est de 6 à 9 mm pour l'overjet et 5 à 8 mm pour la relation molaire [77]. La correction molaire avec l'appareil magnétique de cette étude est en revanche similaire à celle du Twin-Block et à celle des autres appareils magnétiques.

III.3.2 Effets à long terme

Les effets à plus long terme sont étudiés 1 an après la fin du traitement actif par le dispositif fonctionnel et résumés dans la figure 46.

On observe, en comparant les deux groupes, qu'il n'existe pas de modification squelettique significative. Au niveau alvéolaire, une réduction de l'overjet de 2.2 mm est notée, due à une protrusion de l'incisive inférieure de 1.8 mm (+1.4 contre -0.4 mm)

A l'inverse de l'overjet, une récurrence significative de la relation molaire est observée (+0.3 mm). Cette récurrence est due à un mouvement mésial des molaires maxillaires (+1.0 mm) et mandibulaires (0.9 mm).

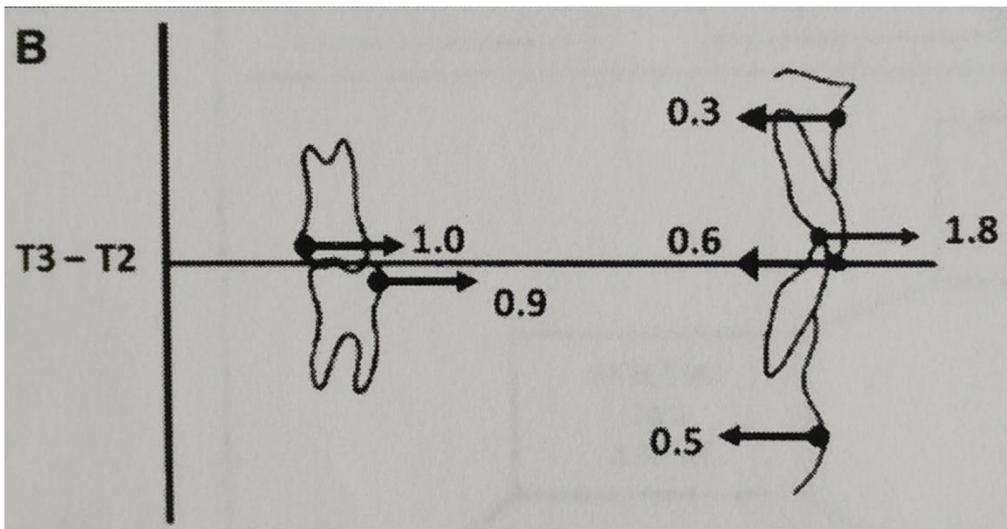


Figure 46: Effets inter-arcades supplémentaires durant la période de suivi (1 an), engendrés par le Sydney Magnoglide en comparaison avec le groupe contrôle

Au final, sur la période totale du traitement (figure 47), les effets squelettiques et dento-alvéolaires, ainsi que leurs responsabilités de ces dispositifs magnétiques dans la correction de la malocclusion, sont illustrés dans le diagramme de la figure 48.

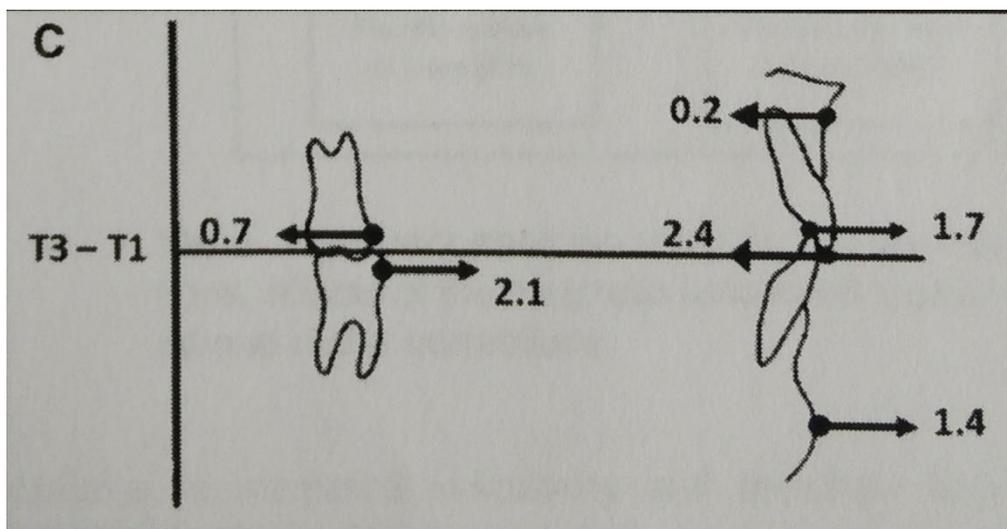


Figure 47: Effets inter-arcades supplémentaires sur la période traitement globale, engendrés par le Sydney Magnoglide en comparaison avec le groupe contrôle

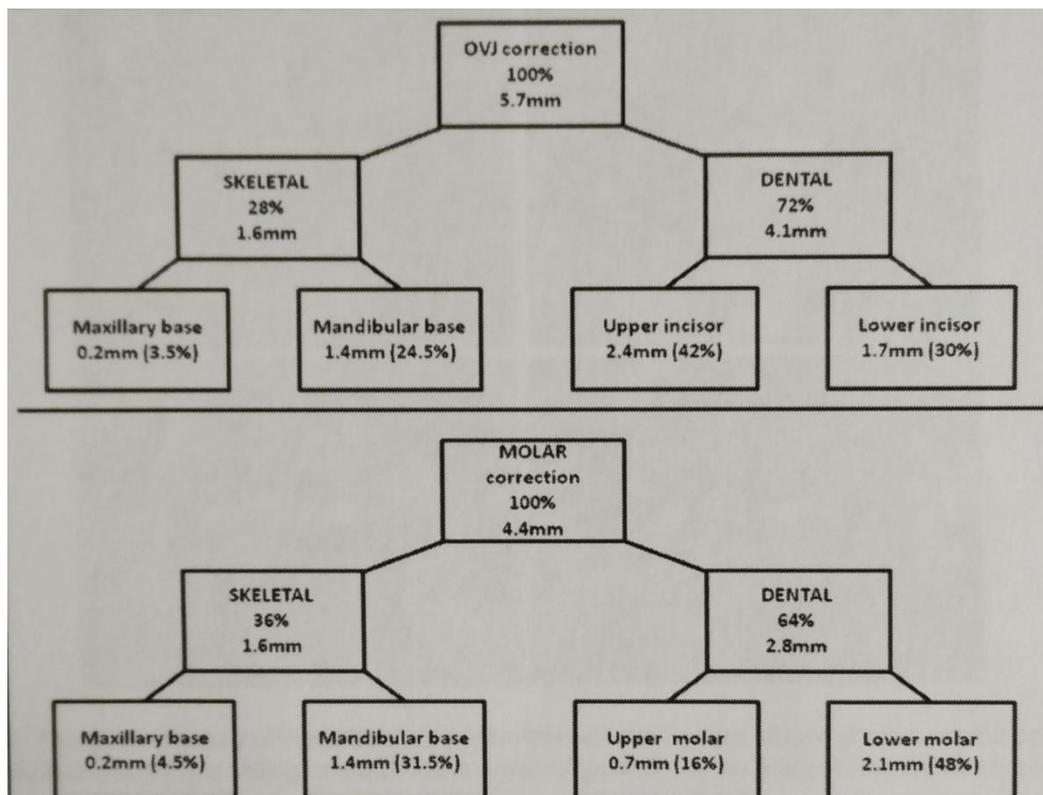


Figure 48: Effets inter-arcades du Sydney Magnoglide à long terme dans l'étude de Phelan (2012)

III.3.3 Conclusion

L'appareil fonctionnel magnétique Sydney Magnoglide est efficace dans le traitement des classe II. La correction de l'overjet et de la relation molaire sont associées à des changements squelettiques mandibulaires favorables.

Ce dispositif présente plusieurs avantages :

- Relativement esthétique.
- Plus confortable.
- La construction de l'appareil est moins technique et moins chère que la Bielle de Herbst.
- Moins de complications (38.7% pour le SM contre 65% pour les Bielles).

En revanche, cet appareil présente aussi des défauts :

- Impossibilité de réactivation de l'appareil.
- Nécessité d'un second dispositif pour corriger les overjet importants.
- Le sens transversal ne peut être corrigé avec cet appareil.

CONCLUSION

Les malocclusions de classe II peuvent être traitées avec un choix large de solutions thérapeutiques.

Les appareils orthopédiques présentent des effets controversés dans la littérature. Pour la plupart des auteurs, ces dispositifs entraînent des changements squelettiques et dento-alvéolaires. Ces changements basaux ne sont pas soutenus par tous. Les effets squelettiques principaux relevés sont une restriction minimale de la croissance maxillaire (sans impact clinique réel) et un allongement de la longueur mandibulaire, variable d'un dispositif à l'autre. Les Bielles de Herbst et le Twin-Block présentent la meilleure efficacité dans la littérature. Cependant, les seuls changements squelettiques ne permettent pas de corriger entièrement la classe II, même pour des patients en cours de croissance.

En revanche, les effets dento-alvéolaires sont toujours présents. Les dispositifs orthopédiques entraînent quasiment tous, une mésialisation de l'arcade mandibulaire (mésialisation et extrusion molaires ; protrusion et intrusion incisives) et une distalisation de l'arcade maxillaire (distalisation et intrusion molaires ; rétrusion et extrusion incisives), chacun dans des proportions différentes.

En se basant sur la littérature actuelle, on peut établir que les élastiques de classe II sont efficaces dans la correction de cette malocclusion. Les effets de ces auxiliaires orthodontiques sont principalement dento-alvéolaires, avec une linguoversion, rétrusion et extrusion des incisives maxillaires, une vestibuloversion et intrusion des incisives mandibulaires, et enfin une mésialisation et extrusion des molaires mandibulaires. Des changements verticaux, favorables et/ou défavorables sont aussi notés (augmentation de la hauteur de l'étage inférieur et bascule horaire du plan d'occlusion).

De plus, les modifications engendrées par ces élastiques sont similaires à long terme à celles provoquées par les appareils fonctionnels fixes, plaçant ainsi ces deux approches proches l'une de l'autre au niveau de l'efficacité.

Enfin des nouvelles approches permettent de rendre le traitement de la malocclusion de classe II plus esthétique ou plus confortable.

Concernant les aligneurs esthétiques, ces dispositifs sont efficaces pour l'alignement ou le nivellement des arcades des patients mais nécessitent souvent des auxiliaires pour obtenir une prédictibilité plus importante des mouvements et en particulier des élastiques pour la correction de la classe II. Cependant, le niveau de preuve de ses études n'est pas suffisant pour obtenir des conclusions fortes d' « evidence-based ». Ainsi, les cliniciens qui veulent utiliser ces aligneurs doivent s'appuyer sur leur expérience clinique, sur l'avis des experts et sur les données limitées publiées.

Les ancrages squelettiques permettent aussi de supprimer certains effets néfastes des dispositifs classiques, en limitant certains effets dento-alvéolaires indésirés comme la protrusion des incisives inférieures.

Enfin, les dispositifs magnétiques tel le Sydney Magnoglide sont efficaces dans le traitement des classes II, et présentent l'avantage d'être plus confortables et de présenter moins de complications telles les fractures.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1: Dispositif du Jasper Jumper

Figure 2: Diagramme des effets inter-arcades du Jasper Jumper dans l'étude de Küçükköles (2007)

Figure 3: Dispositif du MARA

Figure 4: Le MARA et ses composants, (a) vue sagittale, (b) vue frontale

Figure 5: Dispositif du Forsus Fatigue Resistant Device

Figure 6: Dispositif du Fränkel II

Figure 7: Résultat de la méta-analyse de Perillo pour la longueur du corps de la mandibule (à gauche), la longueur mandibulaire totale (au centre), et pour la taille du ramus (à droite) sur des patients traités par l'appareil fonctionnel FR-2 versus des patients non traités

Figure 8: A gauche, la configuration dento-squelettique moyenne du groupe traité par FR-2, avant traitement (ligne noire) et après traitement (ligne rouge). A droite, la configuration dento-squelettique moyenne du groupe non traité, avant traitement (ligne noire) et après traitement (ligne rouge). (Etude de Freeman, 2009)

Figure 9: Dispositif du Bielle de Herbst

Figure 10: Effets post-traitement actif engendrés par la Bielle de Herbst dans l'étude de Franchi (2000)

Figure 11: Diagramme des effets dento-squelettiques des Bielles de Herbst en post-traitement, contribuant à la réduction de l'overjet et à la correction de la relation molaire dans l'étude de Baysal & Uysal (2013)

Figure 12: Diagramme des effets dento-squelettiques des Bielles de Herbst en post-traitement actif, contribuant à la réduction de l'overjet et à la correction de la relation molaire dans l'étude de Franchi (2000)

Figure 13: Diagramme des effets dento-squelettiques des Bielles de Herbst durant la période de suivi, contribuant à la récurrence de l'overjet et de la relation molaire dans l'étude de Franchi (2000)

Figure 14: Dispositif du Twin-Block

Figure 15: Diagramme des effets dento-squelettiques du Twin-block en post-traitement, contribuant à la réduction de l'overjet et à la correction de la relation molaire dans l'étude de Baysal & Uysal (2013)

Figure 16: Diagramme des effets dento-squelettiques du Twin-block en post-traitement, contribuant à la réduction de l'overjet et à la correction de la relation molaire dans l'étude de O'Brien (2003)

Figure 17: Changements de taille du ramus (Co-Go) dans le groupe traité par Twin-Block et dans le groupe contrôle dans l'étude de Mills (2000)

Figure 18: Effets dento-squelettiques produits à court terme (T1-T2) et à long terme (T2-T3) dans le groupe Twin-Block et dans le groupe contrôle dans l'étude de Mills (2000)

Figure 19: Technique d'évaluation métrique du remodelage de l'EGP décrite par Wadhawan (2008). A = distance entre la perpendiculaire à FH passant par le centre du conduit auditif externe et le centre de la tête du condyle (c-CH) ; B = distance entre la perpendiculaire à FH passant par le centre du conduit auditif externe et la crête de l'épine glénoïde postérieure (c-PGS)

Figure 20: Technique d'évaluation du remodelage de l'éminence articulaire de Chintakanon (2000). L'image de gauche montre l'angle entre la tangente à la pente postérieure de l'éminence articulaire et la ligne postérieure du condyle (PC-line). L'image de droite montre l'angle entre la tangente à la pente postérieure de l'éminence articulaire et le plan horizontal de Frankfort (FH-line)

Figure 21: Technique d'évaluation du remodelage de l'éminence articulaire de Wadhawan (2008)

Figure 22: Effets temporo-mandibulaires et changements du pogonion dans les groupes élastiques (Tip-Edge), Herbst, et Bolton. T1 : Avant traitement. T2 : Après une période 6 mois de traitement (correspondant à la fin du traitement actif par Bielle). T3 : Après une période de 2.6 ans de traitement (correspondant à la fin du traitement actif par multiattaches)

Figure 23: Evaluation, en position Bouche Fermée, de la position sagittale de la bande postérieure du disque par rapport au condyle mandibulaire par Draze & Enzmann

Figure 24: Evaluation, en position Bouche Fermée, de la position sagittale de la zone intermédiaire (IZ) du disque par rapport au condyle mandibulaire par Bumann

Figure 25: Méthode d'évaluation de la position coronale du disque par Chintakanon

Figure 26: Photographie intra-oral du port des élastiques de classe II (patiente du CHU de Nantes)

Figure 27: Effets inter-arcade des élastiques de classe II

Figure 28: Effets des élastiques de classe II dans l'étude de Jones (2008)

Figure 29: Effets du dispositif Forsus Fatigue Resistant Device dans l'étude de Jones (2008)

Figure 30: Comparaison des effets entre le groupe traité par les élastiques et celui traité par le dispositif FFRD dans l'étude de Jones (2008)

Figure 31: Comparaison des effets verticaux à court terme, entre les élastiques de classe II et le dispositif de Herbst dans l'étude de Nelson (2000)

Figure 32: Élastiques versus Bielles de Herbst : Réduction de l'Overjet

Figure 33: Élastiques versus Bielles de Herbst : Réduction de l'Overjet

Figure 34: Élastiques versus Bielles de Herbst : Correction Molaire

Figure 35: Élastiques versus Bielles de Herbst : Correction Molaire

Figure 36: Effets sur la position condylienne et sur la position du pogonion dans les groupes élastiques (Tip-Edge), Herbst, et Bolton

Figure 37: Dispositif du FFRD employé de manière conventionnelle

Figure 38: Minivis implantée dans la zone entre la canine et la première prémolaire mandibulaire

Figure 39: Dispositif du FFRD employé avec un ancrage par minivis

Figure 40: Photographies exo-buccales de face d'une patiente avec traitement par aligneurs au CHU de Nantes ; à gauche sans aligneurs, à droite avec aligneurs

Figure 41: Photographies exo-buccales du sourire d'une patiente avec traitement par aligneurs au CHU de Nantes ; à gauche sans aligneurs, à droite avec aligneurs

Figure 42: Photographie endo-buccale d'une patiente du CHU de Nantes avec traitement par aligneurs associés à des élastiques de classe II

Figure 43: Principe des forces magnétiques du Sydney Magnoglide : A et B, en relation centrée (Classe II), l'aimant distal maxillaire repousse l'aimant mésial mandibulaire, inhibant la fermeture en relation de classe II ; C, l'aimant distal maxillaire et l'aimant distal mandibulaire s'attirent entre eux (idem pour les aimants mésiaux) de manière à positionner la mandibule en avant en position de Classe I

Figure 44: Effets inter-arcades supplémentaires durant la phase active engendrés par le Sydney Magnoglide en comparaison avec le groupe contrôle

Figure 45: Effets inter-arcades du Sydney Magnoglide après le traitement actif dans l'étude de Phelan (2012)

Figure 46: Effets inter-arcades supplémentaires durant la période de suivi (1 an), engendrés par le Sydney Magnoglide en comparaison avec le groupe contrôle

Figure 47: Effets inter-arcades supplémentaires sur la période traitement globale, engendrés par le Sydney Magnoglide en comparaison avec le groupe contrôle

Figure 48: Effets inter-arcades du Sydney Magnoglide à long terme dans l'étude de Phelan (2012)

Tableau 1 : Effets des dispositifs orthopédiques fixes

Tableau 2 : Effets des dispositifs orthopédiques amovibles

Tableau 3 : Effets dento-squelettiques des élastiques de classe II

Tableau 4 : Effets des élastiques « seuls » : Revue de littérature

Tableau 5 : Effets temporo-mandibulaires des élastiques de classe II

Tableau 6 : Effets dento-squelettique et temporo-mandibulaires des élastiques de classe II

Bibliographie

1. **AIDAR LA DE A, DOMINGUEZ GC, YAMASHITA HK, ET AL.** Changes in temporomandibular joint disc position and form following Herbst and fixed orthodontic treatment. *Angle Orthod.* **2010**;80(5):843–52.
2. **DE ALMEIDA MR, HENRIQUES JFC, URSI W.** Comparative study of the Fränkel (FR-2) and bionator appliances in the treatment of Class II malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **2002**;121(5):458–66.
3. **ARAT ZM, GÖKALP H, ERDEM D, ET AL.** Changes in the TMJ disc-condyle-fossa relationship following functional treatment of skeletal Class II Division 1 malocclusion: a magnetic resonance imaging study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **2001**;119(3):316–9.
4. **ARICI S, AKAN H, YAKUBOV K, ET AL.** Effects of fixed functional appliance treatment on the temporomandibular joint. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **2008**;133(6):809–14.
5. **ASLAN BI, KUCUKKARACA E, TURKOZ C, ET AL.** Treatment effects of the Forsus Fatigue Resistant Device used with miniscrew anchorage. *Angle Orthod.* **2014**;84(1):76–87.
6. **BACCETTI T, FRANCHI L, STAHL F.** Comparison of 2 comprehensive Class II treatment protocols including the bonded Herbst and headgear appliances: a double-blind study of consecutively treated patients at puberty. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **2009**;135(6):698–9.
7. **BACCETTI T, FRANCHI L, TOTHLR, ET AL.** Treatment timing for Twin-block therapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **2000**;118(2):159–70.
8. **BALDWIN DK, KING G, RAMSAY DS, ET AL.** Activation time and material stiffness of sequential removable orthodontic appliances. Part 3: premolar extraction patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **2008**;133(6):837–45.
9. **BAYSAL A, UYSAL T.** Dentoskeletal effects of Twin Block and Herbst appliances in patients with Class II division 1 mandibular retrognathia. *Eur J Orthod.* **2014**;36(2):164–72.
10. **BLECHMAN AM.** Magnetic force systems in orthodontics. Clinical results of a pilot study. *Am J Orthod.* **1985**;87(3):201–10.

11. **BOLLEN A-M, HUANG G, KING G, ET AL.** Activation time and material stiffness of sequential removable orthodontic appliances. Part 1: Ability to complete treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **2003**;124(5):496–501.
12. **BONDEMARK L.** Orthodontic magnets. A study of force and field pattern, biocompatibility and clinical effects. *Swed Dent J Suppl.* **1994**;99:1–148.
13. **CHADWICK SM, AIRD JC, TAYLOR PJ, ET AL.** Functional regulator treatment of Class II division 1 malocclusions. *Eur J Orthod.* **2001**;23(5):495–505.
14. **CHEN JY, WILL LA, NIEDERMAN R.** Analysis of efficacy of functional appliances on mandibular growth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **2002**;122(5):470–6.
15. **CHINTAKANON K, SAMPSON W, WILKINSON T, ET AL.** A prospective study of Twin-block appliance therapy assessed by magnetic resonance imaging. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **2000**;118(5):494–504.
16. **CLEMENTS KM, BOLLEN A-M, HUANG G, ET AL.** Activation time and material stiffness of sequential removable orthodontic appliances. Part 2: Dental improvements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **2003**;124(5):502–8.
17. **COMBRINK FJ, HARRIS AMP, STEYN CL, ET AL.** Dentoskeletal and soft-tissue changes in growing class II malocclusion patients during nonextraction orthodontic treatment. *SADJ.* **2006**;61(8):344–50.
18. **COPE JB, BUSCHANG PH, COPE DD, ET AL.** Quantitative evaluation of craniofacial changes with Jasper Jumper therapy. *Angle Orthod.* **1994**;64(2):113–22.
19. **COURTNEY M, HARKNESS M, HERBISON P.** Maxillary and cranial base changes during treatment with functional appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **1996**;109(6):616–24.
20. **COVELL DA, TRAMMELL DW, BOERO RP, ET AL.** A cephalometric study of class II Division 1 malocclusions treated with the Jasper Jumper appliance. *Angle Orthod.* **1999**;69(4):311–20.
21. **COZZA P, BACCETTI T, FRANCHI L, ET AL.** Mandibular changes produced by functional appliances in Class II malocclusion: a systematic review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **2006**;129(5):599.e1–12; discussion e1–6.
22. **CREEKMORE TD, RADNEY LJ.** Fränkel appliance therapy: orthopedic or orthodontic? *Am J Orthod.* **1983**;83(2):89–108.

23. **CROFT RS, BUSCHANG PH, ENGLISH JD, ET AL.** A cephalometric and tomographic evaluation of Herbst treatment in the mixed dentition. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **1999**;116(4):435–43.
24. **DARENDELILER MA, DARENDELILER A, MANDURINO M.** Clinical application of magnets in orthodontics and biological implications: a review. *Eur J Orthod.* **1997**;19(4):431–42.
25. **DARENDELILER MA, JOHO JP.** Magnetic activator device II (MAD II) for correction of Class II, division 1 malocclusions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **1993**;103(3):223–39.
26. **DELLINGER EL.** A clinical assessment of the Active Vertical Corrector--a nonsurgical alternative for skeletal open bite treatment. *Am J Orthod.* **1986**;89(5):428–36.
27. **DJEUG, 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 Dentofacial Orthop.* **2005**;128(3):292–8; discussion 298.
28. **DRACE JE, ENZMANN DR.** Defining the normal temporomandibular joint: closed-, partially open-, and open-mouth MR imaging of asymptomatic subjects. *Radiology.* **1990**;177(1):67–71.
29. **DRAKE CT, MCGORRAY SP, DOLCE C, ET AL.** Orthodontic tooth movement with clear aligners. *ISRN Dent.* **2012**;2012:657973.
30. **ELLEN EK, SCHNEIDER BJ, SELKE T.** A comparative study of anchorage in bioprogressive versus standard edgewise treatment in Class II correction with intermaxillary elastic force. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **1998**;114(4):430–6.
31. **FALCK F.** [Long-term results of treatment of distal occlusion with the function regulator]. *Fortschr Kieferorthop.* **1991**;52(5):263–7.
32. **FALCK F, FRÄNKEL R.** Clinical relevance of step-by-step mandibular advancement in the treatment of mandibular retrusion using the Fränkel appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **1989**;96(4):333–41.
33. **FLORES-MIR C, AYEH A, GOSWANI A, ET AL.** Skeletal and dental changes in Class II division 1 malocclusions treated with splint-type Herbst appliances. A systematic review. *Angle Orthod.* **2007**;77(2):376–81.

34. **FRANCHI L, ALVETRO L, GIUNTINI V, ET AL.** Effectiveness of comprehensive fixed appliance treatment used with the Forsus Fatigue Resistant Device in Class II patients. *Angle Orthod.* **2011**;81(4):678–83.
35. **FRANCHI L, BACCETTI T, MCNAMARA JA.** Treatment and posttreatment effects of acrylic splint Herbst appliance therapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **1999**;115(4):429–38.
36. **FRANCO AA, YAMASHITA HK, LEDERMAN HM, ET AL.** Fränkel appliance therapy and the temporomandibular disc: a prospective magnetic resonance imaging study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **2002**;121(5):447–57.
37. **FREEMAN DC, MCNAMARA JA, BACCETTI T, ET AL.** Long-term treatment effects of the FR-2 appliance of Fränkel. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **2009**;135(5):570.e1–6; discussion 570–1.
38. **GHISLANZONI LTH, BACCETTI T, TOLL D, ET AL.** Treatment timing of MARA and fixed appliance therapy of Class II malocclusion. *Eur J Orthod.* **2013**;35(3):394–400.
39. **GHISLANZONI LTH, TOLL DE, DEFRAIA E, ET AL.** Treatment and posttreatment outcomes induced by the Mandibular Advancement Repositioning Appliance; a controlled clinical study. *Angle Orthod.* **2011**;81(4):684–91.
40. **GIANELLY AA, ARENA SA, BERNSTEIN L.** A comparison of Class II treatment changes noted with the light wire, edgewise, and Fränkel appliances. *Am J Orthod.* **1984**;86(4):269–76.
41. **GIANELLY AA, BROSANAN P, MARTIGNONI M, ET AL.** Mandibular growth, condyle position and Fränkel appliance therapy. *Angle Orthod.* **1983**;53(2):131–42.
42. **GIANELLY AA, VAITAS AS, THOMAS WM.** The use of magnets to move molars distally. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **1989**;96(2):161–7.
43. **GIANELLY AA, VALENTINI V.** The role of “orthopedics” and orthodontics in the treatment of class II, division 1 malocclusions. *Am J Orthod.* **1976**;69(6):668–78.
44. **GÖNNER U, OZKAN V, JAHN E, ET AL.** Effect of the MARA appliance on the position of the lower anteriors in children, adolescents and adults with Class II malocclusion. *J Orofac Orthop.* **2007**;68(5):397–412.

45. **GUNAY EA, ARUN T, NALBANTGIL D.** Evaluation of the Immediate Dentofacial Changes in Late Adolescent Patients Treated with the Forsus^(TM) FRD. *Eur J Dent.* **2011**;5(4):423–32.
46. **HÄGG U, TARANGER J.** Skeletal stages of the hand and wrist as indicators of the pubertal growth spurt. *Acta Odontol Scand.* **1980**;38(3):187–200.
47. **HAMILTON SD, SINCLAIR PM, HAMILTON RH.** A cephalometric, tomographic, and dental cast evaluation of Fränkel therapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **1987**;92(5):427–36.
48. **HANSEN K.** Post-treatment effects of the Herbst appliance. A radiographic, clinical and biometric investigation. *Swed Dent J Suppl.* **1992**;88:1–49.
49. **JANSON G, SATHLER R, FERNANDES TMF, ET AL.** Correction of Class II malocclusion with Class II elastics: a systematic review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **2013**;143(3):383–92.
50. **JONES G, BUSCHANG PH, KIMKB, ET AL.** Class II non-extraction patients treated with the Forsus Fatigue Resistant Device versus intermaxillary elastics. *Angle Orthod.* **2008**;78(2):332–8.
51. **KERR WJ, TENHAVE TR, MCNAMARA JA.** A comparison of skeletal and dental changes produced by function regulators (FR-2 and FR-3). *Eur J Orthod.* **1989**;11(3):235–42.
52. **KINZINGER G, GÜLDEN N, ROTH A, ET AL.** Disc-condyle Relationships during Class II Treatment with the Functional Mandibular Advancer (FMA). *J Orofac Orthop.* **2006**;67(5):356–75.
53. **KINZINGER GSM, ROTH A, GÜLDEN N, ET AL.** Effects of orthodontic treatment with fixed functional orthopaedic appliances on the condyle-fossa relationship in the temporomandibular joint: a magnetic resonance imaging study (Part I). *Dentomaxillofac Radiol.* **2006**;35(5):339–46.
54. **KIRCELLI BH, PEKTAS ZO, UÇKAN S.** Orthopedic protraction with skeletal anchorage in a patient with maxillary hypoplasia and hypodontia. *Angle Orthod.* **2006**;76(1):156–63.
55. **KONIK M, PANCHERZ H, HANSEN K.** The mechanism of Class II correction in late Herbst treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **1997**;112(1):87–91.

56. **KRAVITZ ND, KUSNOTO B, AGRAN B, ET AL.** Influence of attachments and interproximal reduction on the accuracy of canine rotation with Invisalign. A prospective clinical study. *Angle Orthod.* **2008**;78(4):682–7.
57. **KRAVITZ ND, KUSNOTO B, BEGOLE E, ET AL.** How well does Invisalign work? A prospective clinical study evaluating the efficacy of tooth movement with Invisalign. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **2009**;135(1):27–35.
58. **KRIEGER E, SEIFERTH J, MARINELLO I, ET AL.** Invisalign® treatment in the anterior region: were the predicted tooth movements achieved? *J Orofac Orthop.* **2012**;73(5):365–76.
59. **KÜÇÜKKELES N, ILHAN I, ORGUN IA.** Treatment efficiency in skeletal Class II patients treated with the jasper jumper. *Angle Orthod.* **2007**;77(3):449–56.
60. **KUNCIO D, MAGANZINI A, SHELTON C, ET AL.** Invisalign and traditional orthodontic treatment postretention outcomes compared using the American Board of Orthodontics objective grading system. *Angle Orthod.* **2007**;77(5):864–9.
61. **LAGRAVERE MO, FLORES-MIR C.** The treatment effects of Invisalign orthodontic aligners: a systematic review. *J Am Dent Assoc.* **2005**;136(12):1724–9.
62. **LUND DI, SANDLER PJ.** The effects of Twin Blocks: a prospective controlled study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **1998**;113(1):104–10.
63. **MAIL, YAO Y, ZHANG S, ET AL.** Comparison of temporomandibular joint changes in adolescent Class II deviation 1 malocclusion patients with mandibular retrusion treated with Twin-block and Class II elastics. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi.* **2014**;49(7):394–8.
64. **MARSICO E, GATTO E, BURRASCANO M, ET AL.** Effectiveness of orthodontic treatment with functional appliances on mandibular growth in the short term. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **2011**;139(1):24–36.
65. **MAVREAS D, ATHANASIOU AE.** Tomographic assessment of alterations of the temporomandibular joint after orthognathic surgery. *Eur J Orthod.* **1992**;14(1):3–15.
66. **MCNAMARA JA.** Experimental examination of growth of the lower jaw. *Inf Orthod Kieferorthop.* **1976**;8(3):219–43.

67. **MCNAMARA JA, BOOKSTEIN FL, SHAUGHNESSY TG.** Skeletal and dental changes following functional regulator therapy on class II patients. *Am J Orthod.* **1985**;88(2):91–110.
68. **MCNAMARA JA, BRYAN FA.** Long-term mandibular adaptations to protrusive function: an experimental study in *Macaca mulatta*. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **1987**;92(2):98–108.
69. **MCNAMARA JA, HOWE RP, DISCHINGER TG.** A comparison of the Herbst and Fränkel appliances in the treatment of Class II malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **1990**;98(2):134–44.
70. **MILLS CM, MCCULLOCH KJ.** Posttreatment changes after successful correction of Class II malocclusions with the twin block appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **2000**;118(1):24–33.
71. **NALBANTGIL D, ARUN T, SAYINSU K, ET AL.** Skeletal, dental and soft-tissue changes induced by the Jasper Jumper appliance in late adolescence. *Angle Orthod.* **2005**;75(3):426–36.
72. **NELSON B, HÄGG U, HANSEN K, ET AL.** A long-term follow-up study of Class II malocclusion correction after treatment with Class II elastics or fixed functional appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **2007**;132(4):499–503.
73. **NELSON B, HANSEN K, HÄGG U.** Class II correction in patients treated with class II elastics and with fixed functional appliances: a comparative study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **2000**;118(2):142–9.
74. **NELSON B, HANSEN K, HÄGG U.** Overjet reduction and molar correction in fixed appliance treatment of class II, division 1, malocclusions: sagittal and vertical components. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **1999**;115(1):13–23.
75. **NELSON C, HARKNESS M, HERBISON P.** Mandibular changes during functional appliance treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **1993**;104(2):153–61.
76. **NEVES LS, JANSON G, CANÇADO RH, ET AL.** Treatment effects of the Jasper Jumper and the Bionator associated with fixed appliances. *Prog Orthod.* **2014**;15(1):54.
77. **NIELSEN IL.** Facial growth during treatment with the function regulator appliance. *Am J Orthod.* **1984**;85(5):401–10.

78. **O'BRIEN K, WRIGHT J, CONBOY F, ET AL.** Effectiveness of treatment for Class II malocclusion with the Herbst or twin-block appliances: a randomized, controlled trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **2003**;124(2):128–37.
79. **PANCHERZ H.** The effects, limitations, and long-term dentofacial adaptations to treatment with the Herbst appliance. *Semin Orthod.* **1997**;3(4):232–43.
80. **PANCHERZ H.** The Herbst appliance--its biologic effects and clinical use. *Am J Orthod.* **1985**;87(1):1–20.
81. **PANCHERZ H.** The mechanism of Class II correction in Herbst appliance treatment. A cephalometric investigation. *Am J Orthod.* **1982**;82(2):104–13.
82. **PANCHERZ H, FISCHER S.** Amount and direction of temporomandibular joint growth changes in Herbst treatment: a cephalometric long-term investigation. *Angle Orthod.* **2003**;73(5):493–501.
83. **PANCHERZ H, MALMGREN O, HÄGG U, ET AL.** Class II correction in Herbst and Bass therapy. *Eur J Orthod.* **1989**;11(1):17–30.
84. **PANGRAZIO-KULBERSH V, BERGER JL, CHERMAK DS, ET AL.** Treatment effects of the mandibular anterior repositioning appliance on patients with Class II malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **2003**;123(3):286–95.
85. **PAVONI C, LIONE R, LAGANA G, ET AL.** Self-ligating versus Invisalign: analysis of dento-alveolar effects. *Ann Stomatol (Roma).* **2011**;2(1-2):23–7.
86. **PERILLO L, CANNAVALE R, FERRO F, ET AL.** Meta-analysis of skeletal mandibular changes during Frankel appliance treatment. *Eur J Orthod.* **2011**;33(1):84–92.
87. **PERILLO L, JOHNSTON LE, FERRO A.** Permanence of skeletal changes after function regulator (FR-2) treatment of patients with retrusive Class II malocclusions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **1996**;109(2):132–9.
88. **PERINETTI G, PRIMOZIC J, FURLANI G, ET AL.** Treatment effects of fixed functional appliances alone or in combination with multibracket appliances: A systematic review and meta-analysis. *Angle Orthod.* **2014**;[Epub ahead of print].
89. **PETROVIC A, STUTZMANN J, LAVERGNE J, ET AL.** Is it possible to modulate the growth of the human mandible with a functional appliance? *Int J Orthod.* **1991**;29(1-2):3–8.

90. **PHELAN A, TARRAF NE, TAYLOR P, ET AL.** Skeletal and dental outcomes of a new magnetic functional appliance, the Sydney Magnoglide, in Class II correction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **2012**;141(6):759–72.
91. **POPOWICH K, NEBBE B, MAJOR PW.** Effect of Herbst treatment on temporomandibular joint morphology: a systematic literature review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **2003**;123(4):388–94.
92. **REDDY P, KHARBANDA OP, DUGGAL R, ET AL.** Skeletal and dental changes with nonextraction Begg mechanotherapy in patients with Class II Division 1 malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **2000**;118(6):641–8.
93. **REMMER KR, MAMANDRAS AH, HUNTER WS, ET AL.** Cephalometric changes associated with treatment using the activator, the Fränkel appliance, and the fixed appliance. *Am J Orthod.* **1985**;88(5):363–72.
94. **RIGHELLIS EG.** Treatment effects of Fränkel, activator and extraoral traction appliances. *Angle Orthod.* **1983**;53(2):107–21.
95. **ROBERTSON NR.** An examination of treatment changes in children treated with the function regulator of Fränkel. *Am J Orthod.* **1983**;83(4):299–310.
96. **ROSSINI G, PARRINI S, CASTROFLORIO T, ET AL.** Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: A systematic review. *Angle Orthod.* **2014**;[Epub ahead of print].
97. **RUF S, PANCHERZ H.** Does bite-jumping damage the TMJ? A prospective longitudinal clinical and MRI study of Herbst patients. *Angle Orthod.* **2000**;70(3):183–99.
98. **RUF S, PANCHERZ H.** Temporomandibular joint growth adaptation in Herbst treatment: a prospective magnetic resonance imaging and cephalometric roentgenographic study. *Eur J Orthod.* **1998**;20(4):375–88.
99. **RUF S, PANCHERZ H.** Temporomandibular joint remodeling in adolescents and young adults during Herbst treatment: A prospective longitudinal magnetic resonance imaging and cephalometric radiographic investigation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **1999**;115(6):607–18.
100. **RUF S, PANCHERZ H.** The effect of Herbst appliance treatment on the mandibular plane angle: a cephalometric roentgenographic study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **1996**;110(2):225–9.

101. **RUF S, WÜSTEN B, PANCHERZ H.** Temporomandibular joint effects of activator treatment: a prospective longitudinal magnetic resonance imaging and clinical study. *Angle Orthod.* **2002**;72(6):527–40.
102. **RUSHFORTH CD, GORDON PH, AIRD JC.** Skeletal and dental changes following the use of the Frankel functional regulator. *Br J Orthod.* **1999**;26(2):127–34.
103. **SCHAEFER AT, MCNAMARA JA, FRANCHI L, ET AL.** A cephalometric comparison of treatment with the Twin-block and stainless steel crown Herbst appliances followed by fixed appliance therapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **2004**;126(1):7–15.
104. **SCHUPP W, HAUBRICH J, NEUMANN I.** Class II correction with the Invisalign system. *J Clin Orthod.* **2010**;44(1):28–35.
105. **SERBESIS-TSARUDIS C, PANCHERZ H.** “Effective” TMJ and chin position changes in Class II treatment. *Angle Orthod.* **2008**;78(5):813–8.
106. **SHEN G, HÄGG U, DARENDELILER M.** Skeletal effects of bite jumping therapy on the mandible - removable vs. fixed functional appliances. *Orthod Craniofac Res.* **2005**;8(1):2–10.
107. **SIARA-OLDS NJ, PANGRAZIO-KULBERSH V, BERGER J, ET AL.** Long-term dentoskeletal changes with the Bionator, Herbst, Twin Block, and MARA functional appliances. *Angle Orthod.* **2010**;80(1):18–29.
108. **SIDHU MS, KHARBANDA OP, SIDHU SS.** Cephalometric analysis of changes produced by a modified Herbst appliance in the treatment of Class II division 1 malocclusion. *Br J Orthod.* **1995**;22(1):1–12.
109. **SIMON M, KEILIG L, SCHWARZE J, ET AL.** Treatment outcome and efficacy of an aligner technique--regarding incisor torque, premolar derotation and molar distalization. *BMC Oral Health.* **2014**;14:68.
110. **TOTH LR, MCNAMARA JA.** Treatment effects produced by the twin-block appliance and the FR-2 appliance of Fränkel compared with an untreated Class II sample. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **1999**;116(6):597–609.
111. **UZEL A, UZEL I, TOROGLU MS.** Two different applications of Class II elastics with nonextraction segmental techniques. *Angle Orthod.* **2007**;77(4):694–700.
112. **VARDIMON AD, GRABER TM, DRESCHER D, ET AL.** Rare earth magnets and impaction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **1991**;100(6):494–512.

113. **VARDIMON AD, GRABER TM, VOSS LR, ET AL.** Functional orthopedic magnetic appliance (FOMA) III--modus operandi. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **1990**;97(2):135–48.
114. **VARDIMON AD, GRABER TM, VOSS LR, ET AL.** Magnetic versus mechanical expansion with different force thresholds and points of force application. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **1987**;92(6):455–66.
115. **VARDIMON AD, KÖKLÜ S, ISERI H, ET AL.** An assessment of skeletal and dental responses to the functional magnetic system (FMS). *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **2001**;120(4):416–26.
116. **VARDIMON AD, STUTZMANN JJ, GRABER TM, ET AL.** Functional orthopedic magnetic appliance (FOMA) II--modus operandi. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **1989**;95(5):371–87.
117. **VLASKALIC V, BOYD RL.** Clinical evolution of the Invisalign appliance. *J Calif Dent Assoc.* **2002**;30(10):769–76.
118. **WADHAWAN N, KUMAR S, KHARBANDA OP, ET AL.** Temporomandibular joint adaptations following two-phase therapy: an MRI study. *Orthod Craniofac Res.* **2008**;11(4):235–50.
119. **WANGSRIMONGKOL T, MANOSUDPRASIT M, PISEK P, ET AL.** Temporomandibular joint growth adaptation and articular disc positional changes in functional orthopedic treatment: magnetic resonance imaging investigation. *J Med Assoc Thai.* **2012**;95 Suppl 11:S106–15.
120. **WEICHBRODT L, INGERVALL B.** Treatment of Class II, div. 1 malocclusion with the activator and with the Begg technique. *Schweiz Monatsschr Zahnmed.* **1992**;102(9):1037–45.
121. **WEILAND FJ, BANTLEON HP.** Treatment of Class II malocclusions with the Jasper Jumper appliance--a preliminary report. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **1995**;108(4):341–50.
122. **WIESLANDER L.** Long-term effect of treatment with the headgear-Herbst appliance in the early mixed dentition. Stability or relapse? *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **1993**;104(4):319–29.
123. **WINDMILLER EC.** The acrylic-splint Herbst appliance: a cephalometric evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **1993**;104(1):73–84.

DONNADIEU (Philippe). – Effets dento-squelettiques et articulaires des thérapeutiques de Classe II division 1 d'Angle : analyse de littérature et apport des nouvelles techniques. – f. ; ill. ; réf. ; 30 cm -(Thèse : Chir.Dent. ; Nantes ; 2015)

RESUME

La classe II d'Angle se définit comme une distocclusion de l'arcade mandibulaire par rapport à l'arcade maxillaire. Les patients avec une malocclusion de classe II division 1 peuvent présenter une promaxillie, ou une rétromandibulie, ou les deux associées avec des relations dentaires perturbées et des désordres de l'esthétique faciale.

Les appareils fonctionnels orthopédiques sont recommandés dans la correction des malocclusions de classe II associées à une rétrognathie mandibulaire. Les élastiques de classe II sur équipement multiattaches, font aussi partie de l'arsenal thérapeutique des praticiens. Cependant, il existe toujours des controverses concernant leurs modes d'actions et leurs effets. Des nouvelles techniques peuvent de nos jours être associées à ces approches classiques pour obtenir un traitement plus efficace, plus esthétique ou encore plus confortable.

L'objectif de ce travail est de préciser, grâce à la littérature, les effets dento-squelettiques et temporo-mandibulaires des traitements de classe II classiques, mais aussi d'éclairer le lecteur sur les effets des nouvelles approches.

RUBRIQUE DE CLASSEMENT : Orthopédie dento-faciale

MOTS CLES MESH

Malocclusion de classe II / class II malocclusion

Orthodontie / Orthodontics

Traitement / Treatment

Activateur orthodontiques / Activator Appliances

Articulation temporo-mandibulaire / Temporomandibular joint

JURY

Président : Professeur Amouriq Y.

Directeur : Docteur Cuny-Houchmand M.

Assesseur : Docteur Nivet M-H

Assesseur : Docteur Deumier L.

ADRESSE DE L'AUTEUR

1 rue Sainte-Croix - 44000 Nantes

philippe.donna@gmail.com