

République Algérienne Démocratique et populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur  
Et de la Recherche Scientifique



Université De Blida 1  
Faculté De Médecine De Blida  
Département De Médecine Dentaire

Thèse Pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Sciences Médicales

**Étude comparative des effets orthopédiques  
et orthodontiques des bielles fixes, versus  
élastiques inter-maxillaires de classe II**

Présentée par : Dr **ASMA KHEROUA** épouse Terzi  
Maitre-assistante en ODF/CHU Blida

**JURY**

Président : Pr AHMED FOUATIH Nourredine

CHU Oran

Membres : Pr BENKHERFELLAH Nadera

CHU Béni-Messous

Pr MEDDAH Souad

CHU Blida

Pr Kourad Yamina

CHU Béni-Messous

Directrice de thèse : Pr Laraba Safia

CHU Béni-Messous

N° d'ordre

**-Année 2021-**

*« La vérité est un miroir tombé de la main de Dieu et qui s'est brisé.  
Chacun en ramasse un fragment et dit que toute la vérité s'y trouve ».*

*Djalâl ad-Dîn Rûmi*

## ***Remerciements***

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements

### **A madame le professeur Laraba Safia, Directrice de thèse**

Vous m'avez prodiguée tout au long de ma spécialité, votre science et votre savoir. J'ai eu la chance d'être à vos côtés depuis le début de ma post-graduation et je ne cesse encore d'apprendre et de progresser grâce à votre disponibilité et vos précieux conseils. Votre enseignement, vos qualités professionnelles et votre parcours dans la profession sont pour nous des exemples à suivre. Veuillez trouver l'expression de ma gratitude la plus sincère.

### **A Mr le professeur Ahmed Fouatih Nour eddine**

Chef de service d'ODF.CHU.Oran

Pour nous avoir fait l'honneur d'accepter la présidence du jury de ce travail.  
Pour votre grande expérience, votre bienveillance et votre forte sympathie.  
Veuillez recevoir ici l'expression de mon plus grand respect et de ma plus profonde estime.

### **A madame le professeur Benkherfella Nadera**

Chef de service d'ODF.CHU.Beni-messous

Nous tenons à vous remercier pour votre pédagogie et votre disponibilité.  
Fort de votre expérience dans la thérapeutique des classes II, nous sommes très honorés de vous compter dans ce jury.  
Soyez assuré de notre reconnaissance et de notre profond respect.

### **A madame le professeur Meddah Souad**

Chef de service de médecine dentaire.CHU.Blida

Vous avez accepté de rejoindre ce jury de thèse. Votre volonté et votre dynamisme au sein du service sont un modèle pour nous. Je tiens personnellement à vous remercier pour vos qualités humaines et votre grande disponibilité tout au long de ce travail.  
Nous vous remercions chaleureusement d'avoir accepté de siéger dans ce jury.

### **A Madame le Professeur kourad Yamina**

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de faire partie de ce jury.  
Pour vos qualités humaines, votre pédagogie et votre gentillesse.  
Veuillez recevoir ici l'expression de notre sincère estime.

**Au Professeur Bouamra** et au **Docteur Amimer**, pour leur disponibilité et leurs grandes qualités humaines.

**Au Professeur Foury** pour son aide et ses précieux conseils prodigués tout au long de ce travail.

Dans un volet plus personnel, je voulais également exprimer ma gratitude

**A mes chers parents,**

Merci pour votre amour, vos sacrifices, votre confiance et votre soutien inconditionnel. C'est grâce à vous que tout cela est possible.

**A mon mari,**

Merci pour tes encouragements et ton appui. Tu m'as toujours aidé à avancer dans mes études tellement longues.

**A mes deux filles,** Meriem et Anya, la plus grande source de mon bonheur je vous aime tellement mes princesses.

**A ma sœur et mon frère**

Merci pour tous vos encouragements.

**A tous mes amis**

Merci pour votre soutien et votre grande fidélité ces années durant !

Une pensée particulière à notre chère amie et consœur, le **Dr Amira Madoui** qui nous a malheureusement quittés trop tôt. Ta chaleureuse présence et ton grand sourire resteront gravés à jamais dans nos mémoires. Que dieu te fasse miséricorde et t'accueille dans son vaste paradis.

Enfin, à mes chers patients, je leur dois une gratitude infinie pour me permettre d'apprendre toujours et encore cette magnifique spécialité. Leur beau sourire est une source d'inspiration importante pour moi et un très grand réconfort aussi.

# **Table des matières**

## Table des matières :

Introduction.....	1
1. Revue de la littérature .....	3
2. Problématique et état de la question.....	6
3. Croissance cranio-faciale .....	9
3.1 Théories de la croissance cranio-faciale .....	9
3.2 Croissance descriptive de la région cranio-faciale .....	13
3.2.1. Croissance de la base du crane .....	14
3.2.1.1. Rappel anatomique.....	14
3.2.1.2. Croissance sagittale de la base du crane.....	18
3.2.1.3. Accroissement transversal et vertical de la base du crâne.....	16
3.2.1.4. Concept de mobilité crânienne et influence de la croissance de la base du crane sur la face.....	20
3.2.1.4.1 .Théorie de la biodynamique cranio faciale.....	20
3.2.1.4.2 .Flexion basi-crânienne.....	21
3.2.1.4.3. Détermination de la classe I squelettique.....	23
3.2.2. Croissance du massif facial supérieur et unité pré maxillaire.....	24
3.2.2.1. Rappel anatomique.....	24
3.2.2.2. Croissance sagittale et verticale du maxillaire.....	26
3.2.2.3. Croissance transversale du maxillaire.....	27
3.2.2.4. Rotations maxillaires.....	27
3.2.3. Croissance de la mandibule .....	28
3.2.3.1.Rappel anatomique.....	28
3.2.3.2. Embryologie.....	28
3.2.3.3. Différents concepts de la croissance mandibulaire .....	31
3.2.3.4. Mécanisme de la Croissance mandibulaire .....	34
3.2.3.4.1. Croissance condylienne .....	35
3.2.3.4.1.1. Histologie du condyle.....	36
3.2.3.4.1.2. Modalités de la croissance condylienne.....	36
3.2.3.4.2. Croissance du corps mandibulaire.....	39
3.2.3.4.3. Croissance du ramus.....	40
3.2.3.4.4. Croissance de l'apophyse coronôïde.....	41
3.2.3.4.5. Croissance des procès alvéolaires.....	41

3.2.3.4.6. Rotations mandibulaires.....	42
3.2.4. Articulation temporo-mandibulaire :.....	44
3.2.4.1. Rappel anatomique.....	44
3.2.4.2. Croissance de l'ATM .....	47
3.2.4.3. Biomécanique articulaire et cinétique mandibulaire.....	48
3.3 Phénomène de croissance .....	50
3.3.1. Croissance mandibulaire et staturale.....	51
3.3.2. Effets saltatoires de la croissance mandibulaire.....	53
3.3.3. Estimation du stade de croissance .....	53
3.3.3.1. Age dentaire.....	53
3.3.3.2. Age civil.....	54
3.3.3.3. Age osseux.....	54
3.3.3.3.1 Radiographie du poignet (méthode de Greulich et pyle).....	54
3.3.3.3.2. Radiographie de la main .....	54
3.3.3.3.3. Radiographie des vertèbres : méthode de Lamparski.....	55
3.3.3.3.4. Radiographie de coude : Méthode de Sauvegrain, Nahum et Bronstein.....	58
4. Mal occlusion de classe II.....	60
4.1. Définition.....	60
4.2.Étiopathogenie et établissement de la classe II .....	61
4.2.1.Étiologies structurales, ou affectant le potentiel de croissance de la mandibule.....	61
4.2.1.1. Détermination de la classe II squelettique.....	62
4.2.1.1.1. Facteurs de prédisposition crâniens.....	62
4.2.1.1.2. Anomalies affectant le condyle mandibulaire.....	63
4.2.1.1.3. Dysharmonies de croissance avec insuffisance du potentiel de croissance Mandibulaire.....	63
4.2.2.Étiologies fonctionnelles.....	63
4.3. Séméiologie clinique des classes II division 1 .....	65
4.3.1. Examen clinique exobuccal.....	66
4.3.2. Examen clinique endobuccal .....	66
4.3.3. Examen clinique musculaire et fonctionnel.....	67
4.3.4. Analyses céphalométriques.....	68
4.4. Spécificités évolutives des classes II division 1 .....	69
5. Traitement de la classe II.....	70
5.1. Traitement des Classes II et propulseurs fixes.....	70

5.1.1. Historique.....	70
5.1.2 .Les propulseurs fixes de classe II.....	72
5.1.2.1. Classification des dispositifs de propulsion fonctionnels fixes.....	72
5.1.2.1.1. Appareils fonctionnels fixes flexibles(FFFA).....	72
5.1.2.1.2. Appareils fonctionnels fixes rigides (RFFA).....	72
5.1.2.1.3. Appareils fixes hybrides (HFFA).....	73
5.1.3. Fonctionnement des appareils myofonctionnels fixes.....	75
5.1.4. Moment du traitement .....	77
5.1.5. Indications .....	78
5.1.6. Contre indications .....	79
5.1.7. Durée de traitement et contention.....	80
5.2. Appareil de Herbst.....	81
5.2.1. Définition.....	81
5.2.2. Description des diverses conceptions de bielles de Herbst .....	81
5.2.2.1. Bielles de Herbst ancrées sur bagues selon Pancherz et Hansen .....	82
5.2.2.2. Bielles de Herbst associées au traitement multibague.....	82
5.2.2.3. Bielles de Herbst sur arcs axillaires associées au traitement multibague .....	85
5.2.2.4. Effets des bielles de herbst .....	86
5.2.2.4.1. Effets à court terme.....	86
5.2.2.4.1.1 Effets squelettiques.....	86
5.2.2.4.1.2. Conséquences sur le profil facial .....	87
5.2.2.4.1.3. Effets sur la mastication .....	87
5.2.2.4.1.4. Effets sur l'articulation temporo mandibulaire .....	87
5.2.2.4.1.5. Effets à long terme.....	89
5.2.2.5. Stabilité et récédive du traitement .....	90
5.3. Bielles « Forsus Fatigue Resistant Device » .....	91
5.3.1. Description du Forsus.....	92
5.3.2. Exigences cliniques générales pour l'installation.....	94
5.3.3. Effets des bielles Forsus à court terme .....	94
5.3.4. Effets des bielles Forsus à long terme.....	97
5.3.5. Durée de traitement avec les bielles Forsus.....	97
5.3.6. Complications des bielles Forsus.....	97
5.4. Tractions intermaxillaires de classe II .....	99
5.4.1. Historique.....	99

5.4.2. Définition.....	99
5.4.3. Indications-contre indications des élastiques de classe II.....	101
5.4.4. Biomécanique des TIM de classe II .....	102
5.4.5. Effets des TIM de classe II.....	103
5.4.5.1 Effets des élastiques de Classe II « seuls ».....	104
5.4.5.1.1. Effets squelettiques .....	105
5.4.5.1.2. Effets dento-alvéolaires .....	105
5.4.5.1.3. Effets Inter-arcade.....	106
5.4.5.1.4 Effets temporo-mandibulaires .....	106
5.4.5.2. Effets des élastiques de classe II en comparaison avec d'autres dispositifs de propulsion fixes.....	107
5.4.5.2.1. Élastiques de classe II versus bielles de Herbst.....	107
5.4.5.2.2.Élastiques de classe II versus Forsus Fatigue Resistant Device (FFRD)....	108
6.Étude clinique .....	110
6.1. But de l'étude .....	110
6. 1.1. Objectif principal .....	110
6.1.2. Objectifs secondaires.....	111
6.2. Patients et méthode .....	111
6.2.1. Type de l'étude.....	111
6.2.2. Population d'étude .....	111
6.2.3. Lieu de l'étude .....	111
6.2.4. Critères d'inclusion .....	111
6.2.5. Critères de non inclusion.....	112
6.2.6. Taille de l'échantillon.....	112
6.2.7 Recrutement de malades.....	112
6.2.8. Matériels utilisés pour l'étude .....	114
6.2.9. Déroulement de l'étude.....	115
6.2.10. Répartition des patients .....	111
6.2.11. Description des deux appareils utilisés.....	118
✓ Les élastiques intermaxillaires de classe II .....	118
✓ Les bielles de propulsion fixes.....	118
6.2.12. Critères de jugements.....	119
6.2.12.1. Analyses et mesures céphalométriques utilisées.....	120
6.2.12.2. Analyse de PANCHERZ.....	120

6.2.12.3. Mesures ajoutées .....	121
6.2.13. Analyses statistiques des données.....	123
<b>7. Résultats.....</b>	<b>125</b>
7.1. Caractéristiques et Homogénéité des groupes d'études .....	125
7.2. Comparaison des résultats de l'étude après traitement .....	133
7.2.1. Résultats des analyses intra-groupes.....	134
7.2.2. Comparaison des résultats après traitement entre les deux groupes d'étude (Analyse inter-groupes) .	
7.2.2.1. Comparaison des valeurs du sens sagittal de l'analyse de Tweed.....	139
7.2.2.2. Comparaison des valeurs du sens vertical.....	139
7.2.2.3. Comparaison des mesures squelettique de l'analyse de Pancherz.....	141
7.2.2.3.1. Comparaison des valeurs de la croissance maxillaire .....	141
7.2.2.3.2. Comparaison des valeurs de la croissance mandibulaire.....	142
7.2.2.4. Comparaison des mesures dentaires de l'analyse de Pancherz.....	145
7.2.2.4.1. Déplacement incisif .....	145
7.2.2.4.1.1. Incisive supérieure .....	145
7.2.2.4.1.1. Incisive inférieure.....	147
7.2.2.4.1.3. Le surplomb.....	148
7.2.2.4.2. Déplacement molaire.....	149
7.2.2.4.2.1. La molaire supérieure.....	149
7.2.2.4.2.2. La molaire inférieure.....	150
7.2.2.4.2.3. La relation molaire.....	151
7.2.2.5. Comparaison du profil après traitement.....	152
7.2.2.6. Comparaison du confort du patient vis à vis de son appareillage :.....	155
7.2.2.6.1. Douleur de l'appareil .....	155
7.2.2.6.2. Tissus douloureux.....	157
7.2.2.6.3. Intensité de la douleur .....	158
7.2.2.6.4. Gêne provoquée par l'appareil dans les activités quotidiennes.....	159
7.2.2.6.5. Blessure au niveau des faces internes des joues.....	161
7.2.2.6.6. Fracture ou rupture de l'appareillage .....	162
7.2.2.6.7. Gêne lors des soins d'hygiène orale.....	163
<b>8. Discussion.....</b>	<b>166</b>
8.1. Les effets squelettiques .....	168
8.1.1. La croissance maxillaire .....	169

8.1.2. La croissance mandibulaire.....	170
8.1.3. Relation maxillo mandibulaire .....	172
8.1.4. Correction de la classe II .....	173
8.1.5. Effets squelettiques dans le sens vertical .....	174
8.2. Les effets dento-alvéolaires .....	174
➤ Au niveau incisif.....	174
➤ Le surplomb .....	175
➤ Au niveau molaire.....	176
8.3. L'amélioration du profil.....	176
8.4. Le confort du patient vis-à-vis de son appareillage.....	177
8.5. Forces et limites de l'étude.....	181
9. Démarche clinique illustrée.....	182
Conclusion et perspectives.....	230
Bibliographie.....	235
Annexes.....	255

## Liste des abréviations et acronymes

ATM : Articulation temporo-mandibulaire

BLL : Bielles

CAE : Conduit auditif externe.

CCF : Correcteur de classe II fixe.

CHU : Centre Hospitalo-universitaire.

CVS : Cervical Verterbrae Stade.

CVMS : Cervical Vertebrae Maturation Stade.

DAC : Distal Actif Concept.

FEB : Force extra-buccale.

FFA : Flexible Fixed Functional Appliances.

FFRD : Forsus Fatigue Resistant Device.

FMA : Functional Mandibular Advancer.

HAS : Haute Autorité de Santé.

HFFA : Hybrid Fixed Functional Appliances.

IRM : Image par resonance magnétique.

MARA : The Mandibular Anterior Repositionning Appliance.

ODF : Orthopédie Dento-Faciale.

OIM : Occlusion d'intercuspidie maximale.

RFFA : Rigid Fixed Functional Appliances.

SSO : Synchondrose sphéno-occipitale.

SUS : The Sabbagh Universal Spring.

TIM : Traction inter maxillaires.

UBJ: Universal Bite Jumper.

UA : Utility arch.

## Liste des tableaux

Numéro	Titre du tableau	Page
I	Tableau des caractères dominants dans la typologie de BJORK	44
II	Muscles de l'ATM	47
III	Déroulement de l'étude	116
IV	Répartition des patients dans les deux groupes selon le sexe	125
V	Moyenne d'âge des patients dans les deux groupes	126
VI	Répartition des patients dans les deux groupes selon l'âge	127
VII	Répartition des patients dans les deux groupes selon le stade maturation cervicale	128
VIII	Répartition des patients dans les deux groupes selon le type de profil	128
IX	Répartition des patients dans les deux groupes selon les valeurs céphalométriques de l'analyse de Pancherz	129
X	Répartition des patients dans les deux groupes selon les valeurs céphalométriques ajoutées	131
XI	Résultats de l'analyse pour échantillon appariés dans le groupe Bielles	135
XII	Résultats de l'analyse pour échantillon appariés dans le groupe TIM	136
XIII	Comparaison des valeurs de l'analyse de Tweed dans le sens sagittal	137
XIV	Comparaison des valeurs de l'analyse de Tweed dans le sens vertical	139
XV	Comparaison des valeurs de l'index facial après traitement dans les deux groupes	140
XVI	Comparaison des mesures de la croissance maxillaire après traitement	142
XVII	Comparaison des mesures liées à la croissance mandibulaire	143
XVIII	Comparaison du déplacement de l'incisive supérieure.	145
XIX	Comparaison du déplacement de l'incisive inférieure	147
XX	Comparaison de la valeur du surplomb après traitement	148
XXI	Comparaison du déplacement de la molaire supérieure.	149
XXII	Comparaison du déplacement de la molaire inférieure	150
XXIII	Comparaison de la relation molaire	151
XXIV	Comparaison du profil après traitement	152
XXV	Tableau récapitulatif des différences retrouvées entre les deux groupes	154
XXVI	Présence de douleur selon le type d'appareil utilisé	155
XXVII	Comparaison des tissus douloureux dans les deux groupes	157
XXVIII	Comparaison de l'intensité de la douleur dans les deux groupes	158
XXIX	Comparaison de la gêne provoquée par les deux types de traitement	159
XXX	Présence de blessure des faces internes des joues dans les deux groupes d'étude	161
XXXI	Prévalence de la fracture ou de la rupture pour les deux appareillages	162
XXXII	Présence de gêne lors des soins d'hygiène orale liée au type d'appareillage.	163
XXXIII	Tableau récapitulatif de la comparaison du confort du patient vis-à-vis de son appareillage.	165
XXXIV	Tableau comparatif entre nos résultats et ceux d'études similaires	180

## Liste des figures

Figure 1 : « The human face » selon Enlow.....	9
Figure 2 : Base externe du crane.....	14
Figure 3 : Base interne du crane.....	15
Figure 4 : Coupe sagittale paramédiane du crane.....	15
Figure 5 : Vue latérale du crane.....	15
Figure 6 : Représentation schématique des synchondroses de la base du crane.....	17
Figure 7 : Prolifération de la synchondrose inter-sphénoïdale.....	19
Figure 8 : Remodelage osseux de la partie antérieure de la base du crane selon Enlow.....	19
Figure 9 : Équilibre des tractions selon Delaire.....	20
Figure 10: Système aponévrotique interne selon Gehin et Linling.....	21
Figure 11 : La flexion basi-crânienne anténatale, et post-natale.....	21
Figure 12 : Moteur de la flexion basi-crânienne (Sutherland in Deshayes).....	22
Figure 13: Schématisation des rotations osseuses concordantes dans le déroulement de la flexion basi- crânienne.....	23
Figure 14 : Influence des facteurs crâniens sur la face et leurs répercussions sur l'occlusion.....	24
Figure 15 : Vue antérieure du crane.....	25
Figure 16 : Éclaté du massif facial supérieur.....	25
Figure 17 : Anatomie du maxillaire supérieur.....	25
Figure 18 : Croissance du maxillaire superieur selon Enlow.....	26
Figure 19: Les sutures faciales impliquées dans la croissance maxillaire selon Weinman et .Sicher.....	26
Figure 20 : Croissance transversale du maxillaire supérieur.....	27
Figure 21 :21-a : Vue antérolatérale supérieure de la mandibule adulte .....	29
21-b : Vue postéro latérale de la mandibule de l'adulte.....	29
Figure 22 : Formation de la mandibule osseuse, coupe schématique de la mandibule.....	30
Figure 23 : Les trois cartilages de la mandibule.....	31
Figure 24 : La croissance mandibulaire selon Enlow.....	32
Figure 25 : Représentation schématique de la croissance mandibulaire selon Delaire .....	33
Figure 26 : Effets des insertions musculaires et des forces masticatrices sur la croissance mandibulaire selon Delaire.....	34
Figure 27 : Croissance et multiplication cellulaire du cartilage condylien.....	36
Figure 28 : Coupe longitudinale du cartilage condylien (Rakosi,Jonas).....	37
Figure 29 : Fonctions du cartilage condylien mandibulaire pendant la vie.....	38
Figure 30 : Principe du V d'Enlow.....	39
Figure 31 : Direction de la croissance condylienne selon Bjork.....	39
Figure 32 : Remodelage symphysaire selon Enlow.....	40
Figure 33 : Phénomènes d'apposition au niveau de la mandibule (Enlow).....	40
Figure 34 : Composante transversale de la croissance en longueur sous la dépendance de la distance inter-temporale.....	40
Figure 35 : Visualisation des 6 unités micro squelettique de la mandibule selon Moss.....	41
Figure 36 : Signes structuraux des rotations de croissance extrêmes selon Bjork .....	43
Figure 37 : Coupe sagittal de l'ATM droite bouche fermée.....	45
Figure 38 : Ligaments suspenseurs de l'ATM en vue médiale.....	46
Figure 39 : Muscles de l'ATM .....	47
Figure 40 : Action des muscles du système manducateur sur la mandibule dans le sens sagittal et coronal en partant du point O (Origine).....	49
Figure 41 : La courbe de croissance staturale de Björk en fonction de l'âge.....	51

Figure 42 : Courbes de croissance annuelles des croissances maxillaire mandibulaire et staturale chez les garçons.....	52
Figure 43 : Courbes de taux de croissance staturale et mandibulaire.....	52
Figure 44 : Radiographie de la main.....	55
Figure 45 : Les différents stades de maturation des vertèbres cervicales superposés à la courbe de croissance staturale de Bjork.....	56
Figure 46 : Nouvelle méthode de CVM : différentes combinaisons de morphologie des corps de C2, C3 et C4 sont regroupées en 5 stades.....	57
Figure 47 : Les différents signes de maturation des vertèbres cervicales.....	58
Figure 48 : Méthode de Sauvegrain , Nahum et Bronstein .....	59
Figure 49 : Tableau en extension de la SSO favorisant l'établissement de la classe II.....	62
Figure 50 : Morphologie mandibulaire et signes prédictifs d'un potentiel auxologique insuffisant selon Delaire.....	64
Figure 51 : Relations occlusales de classe II division 1 en denture mixte et adolescente.....	67
Figure 52 : Discordance de forme entre les arcades maxillaire en V et mandibulaire arrondie.....	67
Figure53 : Principales mesures céphalométriques utilisées pour le diagnostic des classes II..	69
Figure54 : Les bielles de Herbst et quelques propulseurs fixes dérivés.....	74
Figure55 : Contribution squelettiques et dentaires dans la correction des classe II par propulseurs fixes .....	74
Figure 56 : Association Forsus-Minivis (Aslan).....	80
Figure57 : Association Forsus-miniplaques (Celikoglu).....	80
Figure 58 : Appareil original de Herbst.....	81
Figure 59 : Les différents types d'ancrages utilisés par Pancherz.....	82
Figure 60 : Bielles de propulsion selon Langford's et Norris.....	83
Figure 61 : 61-1Bielles de propulsion selon Deshinger.....	84
61-2 Bielles de propulsion selon Deshinger modifiées par l'ajout d'un cantilever.....	84
Figure 62 : Universal Bite Jumper.....	84
Figure 63 : Bielles de Segerdal.....	85
Figure64 : Zone de croissance visualisée par imagerie 3D, après 1 an de traitement avec des bielles de Herbst.....	90
Figure 65 : Ressort Forsus <sup>TM</sup> selon Heinig.....	91
Figure 66 : Le Forsus Fatigue Resistent Device.....	92
Figure 67 : 1- Tiges de poussée « push rods » du FFRD .....	92
2- Module EZ2 du FFRD .....	92
Figure 68 : 1- Réglette pour la longueur de la tige de poussée.....	93
2- Clips d'activation « split crimps » 3-Comfort Solutions .....	93
Figure 69 : Schématisation des effets du FFRD, vue sagittale.....	95
Figure 70 : Schématisation des effets du FFRD, vue transversale.....	95
Figure 71 : Complications liées au port du FFRD.....	99
Figure 72 : Tractions intermaxillaires de classe II.....	100
Figure 73 : Biomécanique des TIM de classe II.....	102
Figure 74 : Comparaison de l'effet de bascule du plan d'occlusion entre les TIM de classe II courtes et longues.....	103
Figure 75 : Position des centres de resistance des arcades dentaires.....	103
Figure 76-a : les élastiques intermaxillaire utilisés.....	118
Figure 76-b : Forsus Fatigue Resistent Device « FFRD ».....	122
Figure77 : L'analyse de Pancherz.....	117
Figure 78 : Répartition des patients dans les deux groupes selon le sexe.....	126

Figure 79 : Age des patients dans les deux groupes.....	127
Figure 80 : Répartition des patients dans les deux groupes selon le stade maturation cervicale.....	128
Figure 81 : Répartition des patients dans les deux groupes selon le type de profil.....	129
Figure 82 : Homogénéité initiale des groupes pour les valeurs céphalométriques de l'analyse de Pancherz. ....	132
Figure 83 : Homogénéité initiales des groupes pour les valeurs céphalométriques ajoutées.....	133
Figure 84 : Comparaison des valeurs de l'analyse de Tweed dans le sens sagittal.....	138
Figure 85 : Comparaison des valeurs de l'analyse de Tweed dans le sens vertical.....	140
Figure 86 : Comparaison des valeurs de l'index facial après traitement.....	141
Figure 87 : Comparaison des mesures de la croissance maxillaire après traitement.....	142
Figure 88 : Comparaison des mesures liées à la croissance mandibulaire .....	144
Figure 89 : Comparaison du déplacement de l'incisive supérieure.....	146
Figure 90 : Comparaison du déplacement de l'incisive inférieure.....	148
Figure 91 : Comparaison de la valeur du surplomb après traitement.....	149
Figure 92 : Comparaison du déplacement de la molaire supérieure.....	150
Figure 93 : Comparaison du déplacement de la molaire inférieure.....	151
Figure 94 : Comparaison de la relation molaire.....	152
Figure 95 : Comparaison du profil après traitement.....	153
Figure 96 : Présence et localisation de la douleur selon le type d'appareil utilisé.....	156
Figure 97 : Tissus douloureux dans les deux groupes.....	157
Figure 98 : Comparaison de l'intensité de la douleur dans les deux groupes.....	158
Figure 99 : Comparaison de la gêne provoquée par les deux types de traitement.....	160
Figure 100 : Prévalence des blessures sur les des faces internes des joues.....	161
Figure 101 : Prévalence de la fracture ou de la rupture pour les deux appareillages.....	163
Figure 102 : Présence de gêne lors des soins d'hygiène orale liée au type d'appareillage....	164

## Introduction

L'Orthopédie dento- faciale est une spécialité dentaire à part entière, destinée à corriger les malpositions des bases osseuses (mâchoires) et/ou des dents. Elle a pour principal objectif d'harmoniser la croissance des maxillaires, la position des dents et d'optimiser l'accomplissement des fonctions oro-faciales, ce qui contribue également à l'amélioration de l'esthétique de la face.

Les malocclusions du sens sagittal, sont de loin les plus souvent rencontrées (70% selon la H.A.S .2006) et à leur tête la malocclusion de classe II. <sup>(1)</sup>

C'est grâce à Edward Angle<sup>(2)</sup> que les orthodontistes sont parvenus à nommer et classer les malocclusions. Il définit la classe I, quand les premières molaires inférieures sont mésialées d'une demi-cuspide, par rapport aux molaires supérieures. Dans le cas où les molaires inférieures sont mésialées de plus d'une demi cuspide, par rapport aux molaires supérieures, on parle de classe III .Dans le cas où les molaires inférieures sont distalées par rapport aux molaires supérieures, on parle alors de classe II. On lui distingue deux divisions et des subdivisions.

Izard fut le premier auteur à contester le bien fondé de cette classification, en effet d'un point de vue étiopathogénique, elle ne rend pas compte de la réalité clinique. Il existe un problème de référentiel (maxillaire ou mandibule).Ballard distingue ainsi les classes squelettiques et dentaires jusque là confondues, en se basant sur la relation des bases osseuses et l'angle ANB. Il définit alors la classe II par une mandibule trop reculée et/ou un maxillaire trop en avant.<sup>(3)</sup>

La classe II squelettique est donc caractérisée alors par un décalage sagittal des bases osseuses, dans le sens d'un maxillaire trop en avant, d'une mandibule trop en arrière, ou les deux à la fois. Au niveau des dents, cela se traduit par une dentition mandibulaire positionnée postérieurement par rapport à la dentition maxillaire<sup>(4)</sup>

Les malocclusions de classe II représentent l'anomalie dento-squelettique la plus fréquemment rencontrée dans nos consultations d'orthopédie-dento-faciale selon Vaden<sup>(5,6)</sup>

Si on évalue la prévalence de cette malocclusion, sur la base d'un surplomb horizontal de plus de 4 mm, la prévalence de la classe II dans la population européenne représente alors 30% à 40% selon Kelly et McLain que cite MacNamara<sup>(6)</sup> .Dans une étude allemande Karacay et Jossefson <sup>(7,8)</sup> retrouvent une fréquence de 37% de ce type de malocclusion chez les enfants de 6 à 15 ans . Dans la population nord -africaine, nous retrouvons une prévalence de 16.29% au

Maroc (Mehamdi<sup>(9)</sup>) et une prévalence nettement plus élevée dans le pourtour méditerranéen 49% au Liban (Kassis<sup>(10)</sup>).

En Algérie, S. Laraba en 1982<sup>(11)</sup> retrouve une prévalence de 30 % dans la population algéroise. Ahmed Fouatih<sup>(12)</sup> en 2004 rapporte que la malocclusion de classe II représente un tiers (1/3) de la population orthodontique, avec une prévalence de 39.2% chez les enfants algériens.

La malocclusion de classe II peut avoir différentes origines. Elle peut être squelettique, ou dentaire. Squelettiquement, elle est caractérisée soit par une rétrognathie mandibulaire (mandibule en arrière), soit par une prognathie maxillaire (maxillaire en avant), soit par une combinaison des deux<sup>(13)</sup>. McNamara rapporte que la caractéristique la plus commune des malocclusions de classe II est la rétrusion mandibulaire.<sup>(13-14)</sup>

La correction de cette malocclusion qu'elle soit squelettique ou dentaire, est un des domaines les plus discutés de l'orthodontie. Il s'agit du sujet le plus passionnant et le plus important dans la littérature orthodontique. Approximativement 65% des cas traités aux États-Unis sont des classes II.<sup>(5)</sup>

La plupart des jeunes patients en occlusion de classe II, présentent une rétrognathie mandibulaire, plutôt qu'une prognathie maxillaire. Il paraît médicalement pertinent de cibler notre action thérapeutique sur la cause précise de la dysmorphose et donc de souhaiter privilégier la réduction de la rétrognathie mandibulaire en stimulant la croissance condylienne.

Cette croissance tant convoitée, a été recherchée par plusieurs auteurs. Parmi les précurseurs dans ce domaine, nous pouvons citer le Dr Pierre Robin<sup>(15,16)</sup> qui en 1920 avait mis au point un dispositif ingénieux appelé : « Monobloc de Robin » afin d'avancer la mandibule et corriger ainsi les troubles respiratoires rencontrés chez les patients présentant certaines malformations faciales. Il s'agit là, de l'ancêtre des activateurs modernes.

L'école fonctionnaliste européenne s'en est grandement inspirée et les orthodontistes scandinaves et allemands comme Fränkel, Bimler et Andresen ont développé une multitude d'appareillages fonctionnels.<sup>(17,18)</sup>

## 1. Revue de la littérature

Les défenseurs de la thérapeutique « fonctionnelle » ont suscité des recherches considérables, démontrant l'intérêt de la stimulation de la croissance des mâchoires. Mais pour que ces techniques puissent trouver un succès complet, il fallait aussi améliorer la structure et la fabrication de ces appareils. Avec l'évolution des différentes techniques fixes multiattaches, l'école américaine tente d'améliorer ces appareils, en les intégrant à leur dispositifs mécaniques, ils deviennent alors fixes et font partie intégrante de certaines techniques<sup>(19)</sup>

De nos jours, plusieurs appareils fonctionnels orthopédiques, sont communément utilisés pour corriger les anomalies squelettiques de classe II, chez des patients en pleine croissance<sup>(20)</sup>. Ils peuvent être amovibles (Activateur, Twin –block<sup>(20-24)</sup>, Fränkel<sup>(25,27)</sup>, bielles de Herbst sur gouttière<sup>(28-32)</sup>, on peut citer aussi les élastiques intermaxillaires de classe II. Ils peuvent être utilisés soit précocement en denture mixte, selon le concept du : Distal Actif Concept(DAC)<sup>(33)</sup>, ou plus tard en denture définitive comme auxiliaires, ils seront alors incorporés au dispositif fixe multiattache<sup>(34-37)</sup>. Ces appareillages de type amovible, ont le désavantage de requérir la collaboration du patient pour être efficaces. C'est principalement pour faire face, à ces problèmes de coopération que des appareils fonctionnels fixes ont été conçus<sup>(38)</sup>.

Le premier appareil fonctionnel fixe, encore utilisé de nos jours, fut le « Herbst » conçu par : Emil Herbst au début des années 1900<sup>(39)</sup>. Par la suite, plusieurs appareils fonctionnels fixes s'inspirant du Herbst ont vu le jour, nous pouvons citer : Le correcteur de classe II fixe (CCF), les bielles de Herbst fixes<sup>(40-46)</sup>, le « Forsus » qui est utilisé dans notre étude<sup>(45-54)</sup>, le « Jasper Jumper »<sup>(55-56)</sup>, "The Mandibular Anterior Repositioning Appliance" (MARA)<sup>(57-59)</sup>, ou encore « The Sabbagh Universal Spring » (SUS).<sup>(60-62)</sup>

Ces dispositifs sont indiqués pour traiter les anomalies de classe II, pendant la période de croissance pubertaire.<sup>(63-66)</sup> Leur objectif premier est de stimuler, voir réorienter la croissance mandibulaire dans une direction plus favorable.<sup>(67-69)</sup>

Tous ces appareils entraînent des modifications sagittales et verticales de la mandibule, qui provoquent à leur tour, une réaction musculaire agissant sur les dents et les bases osseuses<sup>(70)</sup> (Pancherz<sup>(71-77)</sup>, Kolf<sup>(78)</sup>, Lautrou<sup>(79-81)</sup>, Stockfish<sup>(82)</sup>, Delaire<sup>(83)</sup>). Il en résulte un nouvel équilibre morphologique, fonctionnel et esthétique.

Cependant, il existe toujours dans la littérature des controverses concernant, leurs modes d'action et leurs effets réels sur la croissance du maxillaire et surtout celle de la mandibule.

Selon certains auteurs : Baumrind<sup>(84,85)</sup>, Giannelly<sup>(86,87)</sup>, Graber<sup>(88,89)</sup>, Harvold<sup>(90)</sup>, Robertson<sup>(91)</sup>, Ruf<sup>(92)</sup>, Vargervik<sup>(93)</sup>, la plus grande part de l'effet du traitement avec les appareils myofonctionnels est dento-alvéolaire. Pour d'autres: Eirew<sup>(94)</sup>, Joho<sup>(95)</sup> les modifications sont principalement orthopédiques, avec un accroissement de la longueur mandibulaire et des mouvements dentaires limités. Enfin pour un troisième groupe d'auteurs tels que : Creekmore<sup>(96)</sup>, Forsberg<sup>(97)</sup> et Shiavoni<sup>(98)</sup> il existerait une combinaison des effets orthopédiques (30 à 40%) et dento-alvéolaires (60 à 70%).

Une revue systématique<sup>(99)</sup> et une méta-analyse<sup>(100)</sup> ont conclu, que les appareils fonctionnels amovibles sont efficaces dans l'amélioration de la classe II, mais leurs effets semblent être principalement dento-alvéolaires plutôt que squelettiques.

Les premières études faites dans ce domaine furent des études animales. Petrovic<sup>(101-103)</sup> et McNamara<sup>(104-108)</sup> ont démontré qu'il était possible d'augmenter la longueur mandibulaire chez le rat et le singe, grâce au port d'un hyperpropulseur 24 heures sur 24, pendant toute la durée de la croissance.

Chez l'homme, des études à court terme (Pancherz<sup>(74)</sup>, Wieslander<sup>(109-111)</sup>, Lautrou<sup>(78)</sup>, Pezzin<sup>(112)</sup>, Albert<sup>(113)</sup>, De Vincenzo<sup>(114)</sup> et Petrovic<sup>(101)</sup>), indiquent une croissance mandibulaire cliniquement significative, avec des appareils myofonctionnels de classe II.

Pancherz<sup>(75)</sup> observe que le port de bielles de Herbst pendant 6 à 8 mois, permet une augmentation de la longueur mandibulaire de 2,2 mm. C'est trois fois plus que le groupe témoin, ainsi qu'une ouverture de l'angle goniale. Wieslander<sup>(109)</sup> retrouve des résultats similaires avec une association Herbst/Force extra-orale.

D'autres études à moyen (Legoff<sup>(115)</sup>, De Vincenzo<sup>(114)</sup>) et à long terme (Fränkel<sup>(26,27)</sup>) confirment ces résultats.

Certains auteurs retrouvent également que les appareils fonctionnels freinent la croissance maxillaire. ( Ahlgren<sup>(116)</sup>, Chambre<sup>(117)</sup>, Foucard<sup>(118)</sup>, Harvold<sup>(90)</sup>, Pancherz<sup>(119-122)</sup>, Salvadori<sup>(123)</sup>, Woodside<sup>(124)</sup>).

Albert et Dermaut<sup>(113)</sup> ont réalisé une revue de littérature très complète sur le sujet. Ils montrent qu'à court terme, seules les bielles de Herbst fixes, sont capables de modifier la croissance mandibulaire.

Cependant très peu d'études ont été faites à ce jour sur les effets réels des bielles fixes Forsus FFRD utilisées dans notre étude (Karacay<sup>(7)</sup>, Vogt<sup>in(125)</sup> Jones<sup>(126)</sup>, Heining<sup>(53)</sup>) et seules deux études retrouvées dans la littérature ; Jones<sup>(126)</sup> et Nelson<sup>(127,128)</sup> ont comparé les effets des bielles fixes, à ceux obtenus avec des élastiques intermaxillaires de classe II.

Nelson<sup>(127)</sup> considère que les changements squelettiques à court terme sont plus importants avec les bielles de Herbst, quant à Jones,<sup>(126)</sup> les bielles (Forsus FFRD) et les élastiques de classe II auraient des effets similaires sur la croissance des maxillaires. Sur le complexe dento-alvéolaire, elle retrouve une meilleure correction de la relation molaire dans le groupe FFRD. Pour l'auteur, le Forsus serait un substitut acceptable aux élastiques de classe II, particulièrement chez le patient qui ne nous offre pas une bonne coopération.

## 2. Problématique et état de la question

Les techniques tendant à modifier les structures squelettiques dans les traitements des classe II, sont aussi nombreuses que variées .Elles ont été la somme de débats innombrables et ont engendré un développement de la littérature extrêmement abondant.

Face à ce grand choix thérapeutique et devant le nombre important de patients porteur de cette malocclusion notamment en Algérie, Il est primordial en tant qu'orthodontiste, de déterminer, le meilleur traitement pour la correction de la malocclusion de classe II. S'agissant d'une anomalie osseuse, le traitement optimal sera donc celui qui engendrera, un maximum d'effets squelettiques sur les maxillaires, dans un laps de temps assez court, tout en limitant les effets dento-alvéolaires qui masquent, ou compensent uniquement l'anomalie, sans la traiter réellement

Le plus souvent, dans nos consultations, la classe II est traitée par des appareillages amovibles type activateur, FEB (selon le siège de l'anomalie) .Ces appareillages nécessitent une prise d'empreinte précise et une étape laboratoire. Ils sont assez imposants car souvent faits d'acrylique et de crochets. Ils engendrent alors de part leur taille et leur volume un grand inconfort et ne permettent pas à nos patients la libre exécution de leurs fonctions, telles que la respiration, la parole ou la mastication. Ils sont alors très vite démotivés et finissent par ne plus, ou ne pas assez porter leurs appareils, prolongeant ainsi la durée du traitement et compromettant parfois ses résultats. De plus, le port intermittent de ces dispositifs n'entraîne pas d'activité musculaire continue, essentielle à l'obtention d'une réponse squelettique, ce qui peut expliquer dans certains cas les résultats thérapeutiques insatisfaisants enregistrés avec l'utilisation des dispositifs amovibles.

De surcroît, les contre-indications de ces dispositifs sont assez nombreuses : patient hyperdivergent, présence d'une respiration buccale, présence d'une DDM...Or la symptomatologie des anomalies de classe II est très variée et ces tableaux cliniques y sont très souvent associés. Quelle alternative alors proposer à ce type de patients ?

Toutes ces données, confortées souvent par une réalité clinique assez complexe, ont été à l'origine de notre réflexion et ont suggéré le choix des propulseurs fixes dans notre étude.

Dans ce contexte, les appareils myofonctionnels fixes nous semblent être une bonne alternative aux traitements conventionnels de classe II. Notamment dans les établissements publics de santé et de proximité (EPSP), ou dans certains centres hospitalo-universitaires qui

ne disposent pas d'un laboratoire d'ODF, avec un personnel et des prothésistes qualifiés en ODF.

En effet, Il existe deux avantages majeurs pour ce type d'appareil fixe :

- Premièrement, il s'agit d'un dispositif fixe, donc il ne dépend pas de la coopération du patient et il est actif 24H/24.
- Deuxièmement, les bielles sur bagues ne nécessitent ni empreinte, ni confection au laboratoire, de plus, elles sont généralement plus faciles à porter au quotidien pour le patient, lui permettant ainsi de conserver ses fonctions orales quasi normales.

En Algérie et malgré la forte prévalence retrouvée pour les classes II, nous avons recensé très peu d'études cliniques sur la classe II. Nous pouvons citer ,l'étude de N.Benkherfellah<sup>(129)</sup>, portant sur les effets des activateurs de croissance au niveau des ATM et celle de R. Foury<sup>(130)</sup> comparant les effets de la technique Distal Actif Concept(DAC), avec ceux de l'activateur de croissance, dans le traitement des classes II squelettiques .Elle retrouve un taux de croissance mandibulaire plus important avec la technique DAC chez les enfants âgés de 10-12 ans. Cependant les élastiques utilisés dans cette étude font partie d'un concept bien défini de traitement précoce(DAC).Ainsi ses résultats ne peuvent être comparés à ceux retrouvés dans notre travail, où les élastiques sont utilisés comme des auxiliaires associés à la thérapie fixe.

Utilisés depuis longtemps en orthodontie, les élastiques inter-arcades sont une méthode typique de correction des malocclusions de classe II ; Cependant, le manque de preuves scientifiques fondées nous laisse entendre, que leurs effets orthopédiques seraient moindres, comparés à d'autres dispositifs myo-fonctionnels, notamment les propulseurs fixes type Forsus.

En effet il s'agit là de deux dispositifs de classe II ne nécessitant pas d'étape laboratoire et pouvant donc être utilisés par les orthodontistes qui n'en disposent pas (ce qui était notre cas au début de notre étude).Mais aussi, il s'agit de deux thérapies qui doivent être associées à un traitement fixe multiattache. La comparaison entre bielles fixes et propulseurs amovibles par exemple aurait introduit un biais dans nos résultats. (Résultats combinés des bielles et de la thérapie fixe contre résultats seuls des propulseurs amovibles).

C'est dans ce contexte bien précis que nous avons souhaité, par le biais de cette étude, comparer les effets thérapeutiques des traitements de la classe II, avec deux types de dispositifs : Les bielles de propulsion fixes type « Forsus FFRD » et les élastiques de classe II (TIM).

La problématique soulevée par notre étude concerne donc les effets Thérapeutique de ces deux appareils myofonctionnels largement utilisés par les orthodontistes.

Les bielles Forsus FFRD ont-ils de réels effets sur les maxillaires ? Si oui, ces effets sont-ils squelettiques ? dento-alvéolaires ? Les deux à la fois ? Nous tenterons de répondre à ces questions, en dressant une comparaison de ces effets avec ceux obtenus par l'utilisation des TIM de classe II.

Nous aborderons dans un premier chapitre, quelques notions fondamentales sur la croissance cranio-faciale en rapport avec notre sujet. En effet, les dispositifs fonctionnels fixes vont permettre la correction squelettique de la malocclusion de classe II, en modifiant la direction et/ou la quantité de croissance maxillaire et mandibulaire.

Il sera question dans le deuxième chapitre de la malocclusion de classe II, nous évoquerons la sémiologie clinique de ces anomalies et nous exposerons les différents traitements par propulseurs fixe, notamment par bielles de Herbst, Bielles Forsus FFRD et par les TIM de classe II.

Enfin, la troisième et dernière partie sera consacrée à notre étude clinique, qui aura pour but d'évaluer et de comparer les effets de ces deux thérapeutiques de classe II, sur les bases maxillaires, le complexe dento-alvéolaire et le profil cutané. Nous pourrions également apprécier et comparer le confort de nos patients vis-à-vis de ces deux appareillages, grâce aux résultats du questionnaire sur le confort.

### 3.1. Croissance cranio faciale

La croissance cranio-faciale est un élément majeur en orthopédie dento-faciale. En effet l'action des différents traitements orthopédiques repose essentiellement sur la stimulation, ou le guidage de la croissance maxillo-mandibulaire.

On ne connaît pas encore parfaitement tous les mécanismes de la croissance cranio-faciale, mais les théories existantes fournissent au praticien un socle de connaissances exhaustives, qui lui permet d'appréhender avec assurance le traitement d'un patient.

Connaître les différentes théories permet également au clinicien de détecter et d'anticiper les signes d'alertes d'une croissance défavorable, afin d'adapter en conséquence son plan de traitement et les appareillages de son patient.

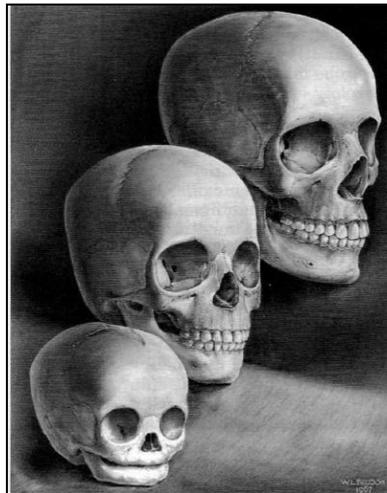


Fig.1 : « The human face » selon Enlow (Harper and Row)<sup>(131)</sup>

#### 3.1.1. Théories de la croissance cranio-faciale

Il existe une multitude de théories de croissance qui s'inscrivent dans trois approches différentes de la croissance cranio-faciale :

- Une approche génétique dominante au début, elle donne la plus grande importance aux facteurs héréditaires dans la croissance cranio faciale.
- Une approche fonctionnelle qui elle reconnait à la croissance cranio-faciale une responsabilité fonctionnelle en rapport avec le milieu environnant local.

- Et enfin une approche synthétique qui est en fait un «consensus » entre les deux approches antagonistes, qui reconnaît des parcelles de vérité à chacune des deux théories.

Nous retiendrons dans ce chapitre l'évolution des différents concepts de la croissance cranio-faciale, ainsi que leurs idées directrices.

Pour BROADBENT et BRODIE 1940 (Concept de l'expansion rayonnée de la face)<sup>(132,133)</sup>, la croissance est prédéterminée génétiquement. Les dents et les procès alvéolaires constituent les seules zones où on peut induire des modifications.

SCOTT 1953<sup>(134,135)</sup> qui fait la distinction entre sutures et cartilage, donne un rôle prépondérant à ce dernier, qui permet selon lui de garantir une croissance remodelante et suturale grâce aux synchondroses, qui sont assimilées à des cartilages de conjugaison. Et là également la régulation de cette croissance (cartilagineuse) est contrôlée par des facteurs génétiques intrinsèques.

WEINMANN – SICHER 1955<sup>(136)</sup> estiment que les sutures sont des sites de croissance primaire; ce sont des centres autonomes de croissance et un élément moteur de la croissance faciale. La régulation de la croissance suturale est contrôlée par des facteurs génétiques intrinsèques et la donne génétique permet à chaque constituant craniofacial, d'avoir une croissance en harmonie génétique avec leurs voisins.

BJORK a eu l'idée en 1955<sup>(137-138)</sup> d'implanter profondément dans les mâchoires, des pointes de tantale, pour servir de repères fixes. Grâce à ce référentiel stable, il devient alors possible d'observer comment les os évoluent, dans leur forme, leur volume et leurs rapports avec la base du crâne. Ses travaux ont contribué à éclaircir les rythmes et les taux de la croissance osseuse maxillaire et mandibulaire, mais également de décrire les différentes rotations mandibulaires.

MOSS 1968<sup>(139, 140)</sup> estime que de nombreuses fonctions s'exercent au niveau de la tête et du cou : olfaction, vision, ouïe, parole, respiration, déglutition... Chaque fonction est assurée par une composante cranio-fonctionnelle constituée de deux éléments :

1. Une matrice fonctionnelle
2. Une unité squelettique

Les matrices fonctionnelles sont l'élément moteur de la croissance des unités squelettiques. La croissance des unités squelettiques est un phénomène secondaire, compensatoire et obligatoire à la croissance des matrices fonctionnelles.

Pour MOSS, il n'y a pas de différences entre sutures et cartilages : le septum nasal ne joue

donc aucun rôle dans la croissance du maxillaire ; Le septum nasal et les maxillaires sont des sites de croissances secondaires aux matrices fonctionnelles.

La théorie de Van Limborgh<sup>(141)</sup> (1970) : cet auteur a donné une classification précise des facteurs responsables de la croissance. Les facteurs génétiques intrinsèques, les facteurs épigénétiques et également les facteurs environnementaux, qui peuvent avoir une influence soit locale comme les muscles, les ligaments, les dents, soit agir à distance. Ainsi la vascularisation, tout comme l'innervation peuvent avoir des effets sur la croissance.

La théorie de PETROVIC<sup>(142-143)</sup> : elle est basée sur des expériences de laboratoire faites sur des rats, il s'est intéressé à la croissance mandibulaire et plus particulièrement à celle du cartilage condylien. Son schéma cybernétique résume les facteurs agissant sur la croissance de la mandibule à savoir ; une double contribution périostée et cartilagineuse. Il souligne également le rôle du couple : somatotrope-somatomedine, ainsi que du muscle ptérygoïdien latéral sur cette dernière. Ces travaux confrontèrent les cliniciens dans leur choix fonctionnaliste ou orthopédique.

COULY (1980)<sup>(144)</sup> estime que la croissance cranio-faciale dépend de " Conformateurs organo-fonctionnels" qui sont :

1. Contour orbitaire.
2. Cerveau (responsable de la croissance de la voûte crânienne).
3. Cartilages de la base du crâne (synchondroses).
4. Langue (responsable de la conformation de la voûte palatine et des rapports antéro-postérieurs maxillo-mandibulaires)
5. Muscles masticateurs, peauciers et des lèvres.
6. Flux aérien.

Travaux d'ENLOW 1990<sup>(145,131)</sup> : sa théorie est uniquement fondée sur la responsabilité de la matrice fonctionnelle. Selon l'auteur ; la croissance osseuse se fait par l'intermédiaire de champs, de mosaïques d'apposition – résorption aussi bien sur les surfaces externes, qu'internes et qui provoquent globalement deux mouvements :

- **Déplacement primaire** : Au fur et à mesure qu'un os grandit, il s'éloigne des pièces osseuses en contact direct avec lui. Une surface d'apposition dans une direction donnée provoque le déplacement d'un os dans une direction opposée. L'os déplace ses berges par

rapport à un point de référence à l'intérieur de lui. Donc c'est le déplacement qu'un os opère sous l'effet de sa propre croissance.

- **Déplacement secondaire** : est celui qu'opère un os sous l'effet de la croissance d'un ou plusieurs os voisins. L'observation du déplacement des berges se fait de l'extérieur.
- **Déplacement total** : Il est obtenu par la somme des deux précédents.

Théorie de DELAIRE 1970-1990 :<sup>(146)</sup> ses travaux ont révolutionné les concepts de la croissance, il rejette la notion de schéma facial prédéterminé génétiquement. Suite à l'observation des troubles de la croissance, il a pu conclure :

- Du rôle fondamental des sutures membraneuses dans la morphologie cranio-faciale.
- Que la face n'est pas seulement l'expression du "pattern" génétique, mais le résultat du transmis et du vécu, puisque la croissance faciale dépend :
  - De la base du crâne et des expansions du chondrocrâne (génétique).
  - Des os membraneux réglés par des conditions locales musculo-fonctionnelles.

Ainsi pour Delaire, le développement de la face est multicentrique.

Plus récemment, DESHAYES (1993)<sup>(147)</sup> montre le rôle important des articulations. En s'appuyant sur le concept de Sutherland de la mobilité crânienne, elle conclut que La flexion de la base du crâne a un rôle majeur dans la croissance cranio-faciale et donc dans les rapports des arcades dentaires entre elles. Elle estime que la morphogenèse céphalique se fait grâce à un programme de flexion, plus ou moins contrarié de la synchondrose sphéno-occipitale, et aussi par des facteurs morphomécaniques locaux.

Les travaux de McNamara<sup>(148)</sup>

Ses études sur la croissance mandibulaire chez le singe Macaca, à l'aide d'implants endosseux mandibulaires chez des sujets de 4 âges différents et la prise de clichés téléradiographiques au moment de la pose et 24 mois plus tard ont révélé :

- Une croissance du bord postéro-supérieur du condyle, d'intensité décroissante avec l'âge.
- Une croissance condylienne plus importante dans le sens vertical et qui perd son importance au profit de celle de direction antéro-postérieure.
- Une apposition périostée, sur le bord postérieur du ramus, d'intensité décroissante avec l'âge.

- Une apposition symphysaire et un remodelage de l'angle goniale, chez les plus jeunes. L'étude des adaptations musculo-squelettiques, en réponse aux variations expérimentales de l'environnement oro-facial (modification de la configuration occlusale par des inlays scellés obligeant les animaux à une propulsion mandibulaire fonctionnelle) a permis à McNamara de tirer les conclusions suivantes :

- La perturbation prothétique de l'occlusion produit une modification immédiate des stimuli reçus aux niveaux dentaire et articulaire.
- La réponse du système nerveux central à cette modification est un changement d'activité musculaire propulsant la mandibule.
- L'adaptation structurale est plus lente et correspond à la mésialisation de la denture mandibulaire et à une augmentation de la croissance condylienne.
- L'activité musculaire retrouve son niveau de normalité une fois que l'équilibre squelettique est rétabli.

P.PLANAS<sup>(149)</sup> par son concept de réhabilitation neuro occlusale a surtout mis en évidence le rôle indéniable de la mastication dans le développement des mâchoires et dans la détermination de la morphologie condylienne, qui dépend étroitement de la typologie des cycles masticatoires. Pour Planas la mastication doit être exclusivement unilatérale alternée, cela suppose qu'en diduction, l'ensemble de l'hémiarcade est au contact de l'autre.

Loin du dogme génétique qui régnait au début, nous voyons que les nouveaux concepts (Delaire, McNamara, Deshayes, Planas) mettent de plus en plus l'accent sur les facteurs environnementaux dans la croissance crano-faciale, ce qui nous permet d'optimiser à un certain degré le rôle de guide, ou de tuteur que peuvent avoir dans certains cas nos appareillages orthopédiques et notamment les bielles de propulsion fixes utilisées dans notre étude.

### **3.2. Croissance descriptive de la région crano-faciale**

Nous limiterons notre rappel à la croissance de la base du crâne qui constitue le point d'appui de toute la face, ainsi qu'à la croissance du maxillaire et de la mandibule directement liées au sujet de notre étude.

### 3.2.1. Croissance de la base du crane

#### 3.2.1. Rappel anatomique

La base du crâne est adaptée à la forme du cerveau, elle est constituée de six os ; le frontal, l'éthmoïde, le sphénoïde, les deux temporaux, réunis par des sutures cartilagineuses appelées : synchondroses, qui possèdent une croissance indépendante « primaire », liée à des conditions génétiques et constitutionnelles contrairement aux os membraneux qui possèdent une croissance adaptative « secondaire » liée aux facteurs locaux. (Fig2, Fig.3)

Elle présente à décrire 3 étages : antérieur : fronto éthmoïdal, moyen : sphéno temporal et postérieur : temporo-occipital. (Fig.4, Fig.5)

Pour Delaire, la base du crâne est le terrain à bâtir de la face. Les phénomènes d'accroissement, de remodelage et de rotation se déroulant au niveau de la base du crane vont de par l'intime intrication des diverses pièces osseuses, entraîner des modifications dans la direction et l'intensité du développement des os de la face<sup>(146)</sup>.

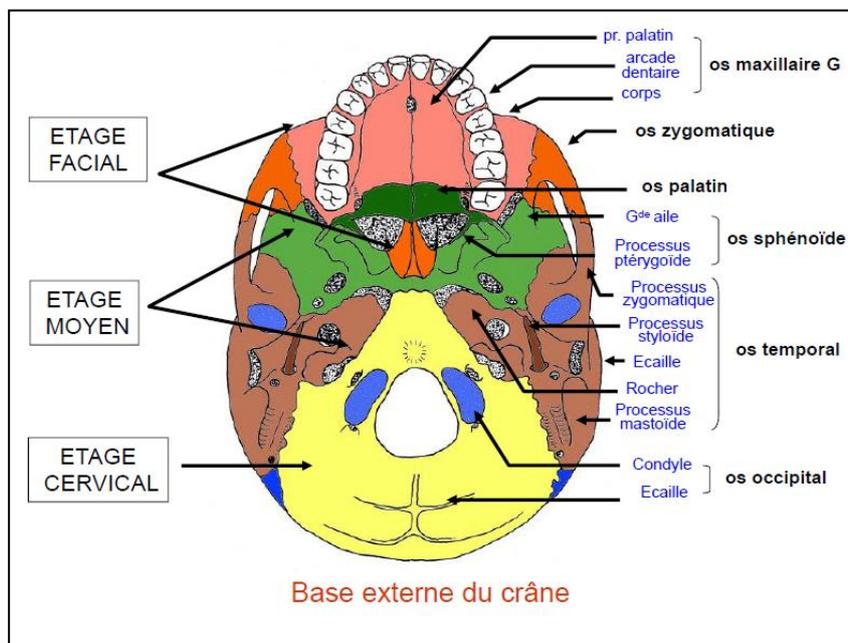


Fig.2 : Base externe du crane<sup>(150)</sup>

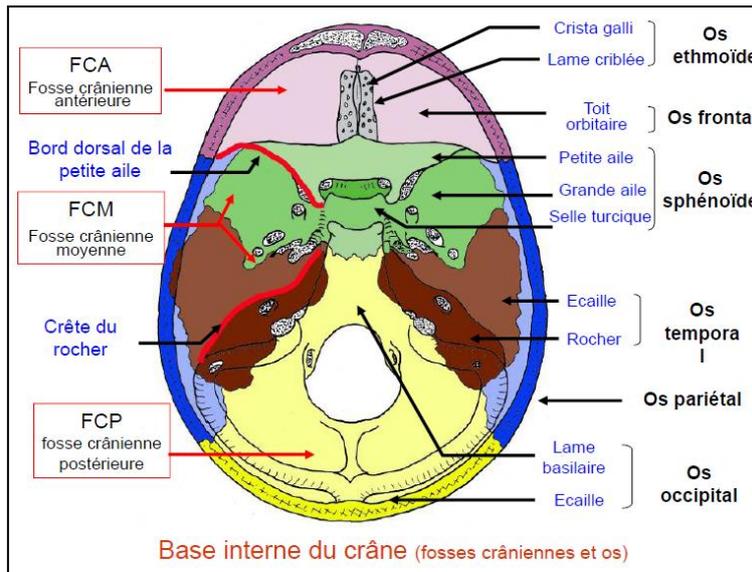


Fig 3 : Base interne du crane<sup>(150)</sup>

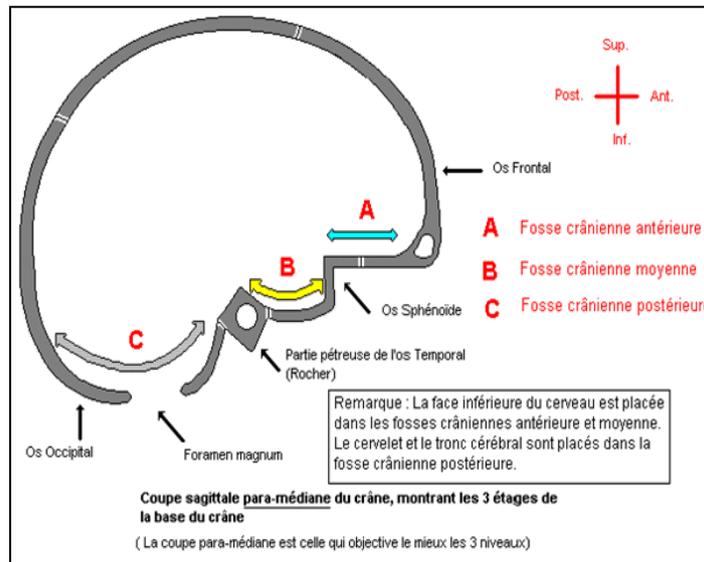


Fig.4 : Coupe sagittale paramédiane du crane<sup>(151)</sup>

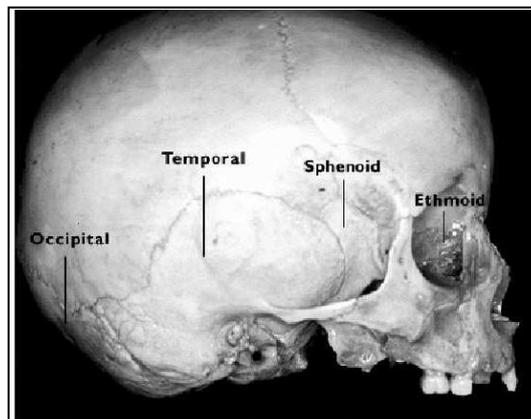


Fig. 5 : vue latérale du crane<sup>(151)</sup>

Les facteurs influençant la croissance de la base du crane sont synthétisés par Akinin, qui reprend les théories de Moss, Scott et Sicher à savoir ; l'hérédité, les facteurs hormonaux et les facteurs locaux<sup>(152)</sup>. Pour des raisons didactique, la croissance cranio faciale est souvent décrite en quatre chapitres, ou divisée en : croissance de la voute du crane, de la base du crane, du complexe naso-maxillaire et celle de la mandibule. Or on sait aujourd'hui, notamment grâce à Delaire et Deshayes, que ces différents éléments évoluent selon une biodynamique principalement régit par la croissance basi-crânienne.

Ce concept de mobilité basi crânienne définit par Deshayes, a une grande influence sur le déterminisme des décalages maxillo-mandibulaires de classe II, et III.

Selon M.J. Deshayes<sup>(151)</sup>, la croissance de la base du crâne s'articule autour d'un phénomène physiologique de flexion de la base du crâne. La biodynamique cranio-faciale permet la modification de la forme originale des bases osseuses maxillaire et mandibulaire et tout ceci grâce à la mobilité des sutures unissant ces différentes pièces osseuses.

La croissance de la base du crane est essentiellement cartilagineuse, elle est en rapport avec la croissance du cerveau et influencée par la taille de celui-ci d'une part et d'autre part, par le jeu des sutures qui jouent un rôle important dans la croissance antéropostérieure et latérale.

### **3.2.1.2. Croissance sagittale de la base du crane**

Elle est essentiellement due aux synchondroses transversales, ainsi qu'aux phénomènes de remodelage.

- **Les synchondroses**

Entre chaque zone ossifiée persiste des bandes cartilagineuses appelées synchondroses.

Celles-ci sont douées d'un potentiel de croissance et assurent la majeure partie du développement de la base du crâne, jusqu'à leur complète ossification. Nous pouvons citer, d'arrière en avant(*Fig.6*) :

#### **1. La synchondrose sphéno-occipitale**

Considérée comme la plus importante des synchondroses basicrânienne de part sa longue durée d'action et son importante activité, elle a été l'objet de nombreuses études. Son observation à l'aide de tomographies, de radiographies, ou de coupes anatomiques montre que sa fermeture réside en la formation de ponts osseux successivement dans sa partie endocrânienne puis exocrânienne.

Irwin<sup>(153)</sup> observe la formation des premiers ponts exocrâniens qui se fait entre 11 et 13 ans. Baume<sup>(154)</sup> estime leur apparition à 12 – 13 ans chez la fille et 14 – 15 ans chez le garçon. Les études de Melsen<sup>(155)</sup>, qui portent sur l'observation de coupes anatomiques de la base du crâne prélevées sur 100 cadavres, âgés de 0 à 20 ans, situent la formation de ces ponts après le pic pubertaire entre 12,3 et 16,1 ans chez la fille et 13.6 et 18.7 ans chez le garçon. L'ossification se poursuit dans la partie inférieure pharyngée, jusqu'à sa synostose estimée pour la plupart des auteurs à l'âge adulte. Irwin<sup>(153)</sup> observe néanmoins, chez un sujet de 14 ans, la fermeture totale de cette synchondrose .

## 2. La synchondrose inter-sphénoïdale

Pour Scott<sup>(156)</sup>, Ford<sup>(157)</sup> et Irwin<sup>(153)</sup> le basisphénoïde et le présphénoïde s'unissent un à deux mois avant la naissance. Elle ne participe donc qu'au développement prénatal de la base du crâne.

## 3. La synchondrose sphéno-éthmoïdale

Bien qu'appelée synchondrose par la plupart des auteurs, Couly<sup>(144)</sup> et Baume<sup>(154)</sup> lui attachent plus volontiers le terme de suture, car elle représente pour ces derniers, une zone de croissance passive comme le sont les syndesmoses, il en résulte que la dimension entre la selle turcique et la face interne du frontal soit établie très tôt.

4. **La synchondrose éthmoïdo-frontale** qui se synostose à 6-7 ans pour Melsen.<sup>(155)</sup>

5. **Les synchondroses exo sus-occipitales et basi exo occipitales** qui se synostosent respectivement vers 2 et 5 ans.

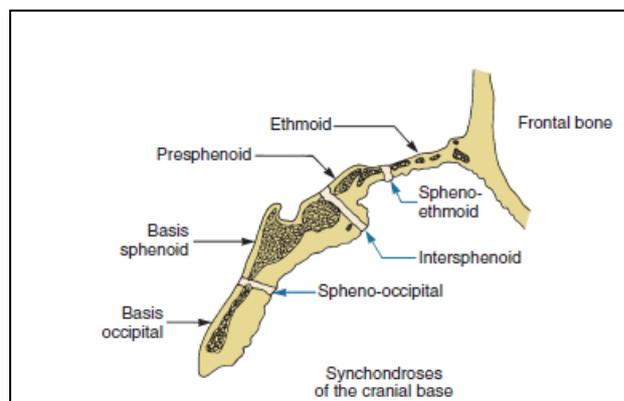


Fig.6 : Représentation schématique des synchondroses de la base du crane<sup>(158)</sup>

- **Le développement de la base du crâne par remodelage**

Ce type de développement permet de maintenir les proportions et la forme des pièces osseuses pendant la croissance<sup>(145)</sup> et serait directement lié à la croissance de la matrice neuro-crânienne et à la traction musculaire.

- ✓ **Dans la région antérieure :**

Le nasion se déplacerait par des phénomènes d'apposition osseuse sur la corticale externe du frontal et par développement du sinus frontal. Ford<sup>(157)</sup> y associe cependant un déplacement vertical significatif entre 7 et 25 ans. Pour Darqué ce point pourrait se déplacer également vers le bas.

- ✓ **Dans la région de la selle turcique :**

Il existe un déplacement de la selle turcique vers le haut et l'arrière par remodelage et ce jusqu'à 15 ans chez la fille et 17 ans chez le garçon pour Solow<sup>(159)</sup>

Fort de ces résultats, il apparaît que les points Nasion et Sella suivent un mouvement d'élévation concomitant. Il existe alors une variation de la ligne (SN) pendant la croissance. Cependant, comme l'indique Bjork<sup>(137)</sup> ces variations apparaissent comme négligeables à partir de 12 ans, puisque dans 90% de son échantillon, la ligne (SN) ne se déplace que de 1mm par rapport au plan éthmoïdal, c'est-à-dire à la base crânienne antérieure. En d'autres termes, cette ligne est remarquablement stable à partir de 12 ans et si elle participe aux variations de l'angle basicrânien, comme l'indiquait Darqué ce n'est probablement que dans une période antérieure.

### **3.2.1.2. Accroissement transversal et vertical de la base du crâne**

Le fait de décrire la croissance basi crânienne dans les 3 sens de l'espace séparément est purement didactique, en effet chaque modification dans un sens va entraîner une autre modification dans les autres sens de l'espace. C'est le principe de déplacement primaire et secondaire déjà décrit par Enlow.

C'est le cas de la synchondrose sphéno occipitale, bien que transversale, elle va agir sur la croissance verticale de la base du crane en déplaçant l'occipital et les pyramides pétreuses en bas et en arrière.

- Modifications dues aux sutures :

La croissance en largeur de la base du crâne ne s'effectue que pendant la 1ere année de la vie, elle se produit par les sutures orientées longitudinalement :

- la syndesmose métopique : qui reste à peu près active jusqu'à 2 ans.

- La synchondrose intra-occipitale antérieure qui disparaît vers l'âge de 5 ans.
- La lame criblée de l'ethmoïde qui s'ossifie vers 3 ans.

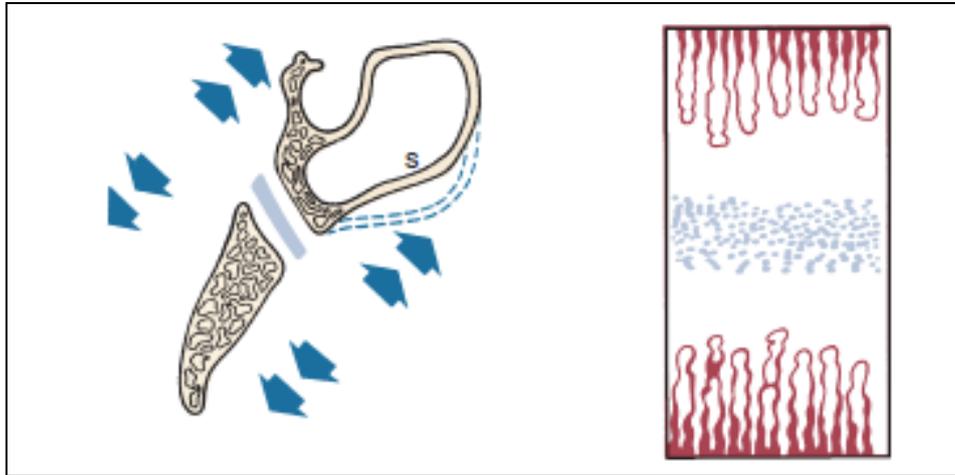


Fig.7 : Prolifération de la synchondrose inter-sphénoïdale<sup>(157)</sup>

- Modifications par apposition et résorption :

On note une apposition sur la face externe de la base du crâne et une résorption concomitante de sa face interne, de façon à répondre à la croissance intense du cerveau.

Les modifications morphologiques les plus importantes se produisent au niveau du temporal :

- Édification des apophyses mastoïdes
- Formation du CAE
- Formation des cavités glénoïdes.

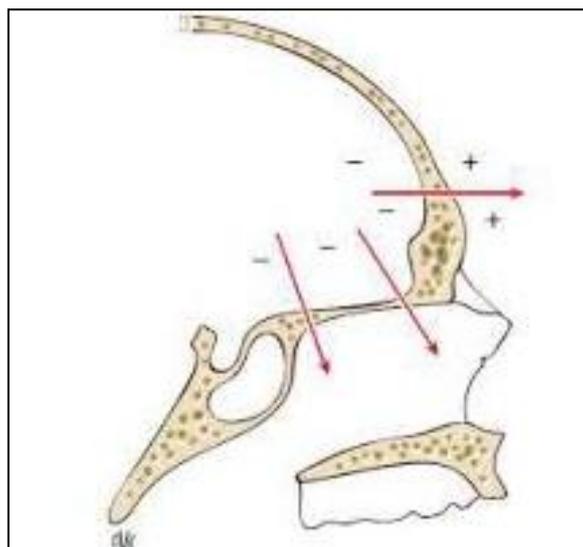


Fig.8 : Remodelage osseux de la partie antérieure de la base du crane selon Enlow<sup>(131)</sup>

### 3. 2.1.4. Concept de mobilité crânienne et influence de la croissance de la base du crane sur la face

#### 3.2.1.4.1. Théorie de la biodynamique cranio faciale

Les conceptions classiques de la croissance cranio-faciales, qui estiment que le développement de la base du crâne, dépendrait fondamentalement de l'activité de croissance dite «cartilagineuse primaire» de la synchondrose sphéno-basilaire et qui serait donc totalement prédéterminé ,sont obsolètes selon Delaire<sup>(146)</sup>

En effet, d'après Enlow cité par Lautrou<sup>(160)</sup>, seul un petit pourcentage de la base du crâne est à l'origine d'une ossification enchondrale suturale, le développement basi crânien est aussi multifactoriel.

Le développement du territoire frontal antérieur est fortement influencé par les forces occlusales antéro-latérales, qui lui sont transmises par les apophyses montantes maxillaires. Il est habituellement insuffisant dans les classes III. Celui du territoire sphéno-basilaire, dépend des postures cervico-céphaliques, les quelles sont toujours perturbées dans les importantes dysmorphoses dento-faciales. La correction précoce des anomalies et des fonctions occlusales, (et plus généralement oro-faciales et cervicales) améliore le développement de ces deux territoires et dans les meilleurs cas, celui de l'ensemble du squelette craniofacial. (Fig.9) À la naissance, l'encéphale perd la prépondérance morphogénique qu'il exerçait in utéro, au profit des agents principaux de la posture habituelle. La statique érigée, met en tension le système musculaire (postéro-latéral du cou) , aponévrotique crânien (dure-mérienne) et cervical, ainsi que les ligaments intracrâniens et exocrâniens, lors du redressement de la tête et la mise en place de la marche bipède chez le tout jeune enfant<sup>(146)</sup>(Fig.10)

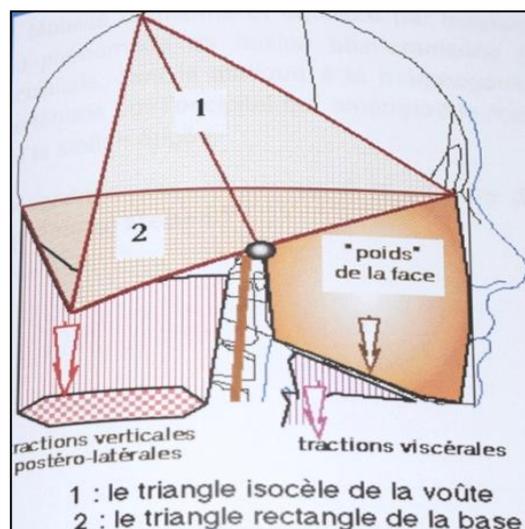


Fig9 : Équilibre des tractions selon Delaire<sup>(161)</sup>

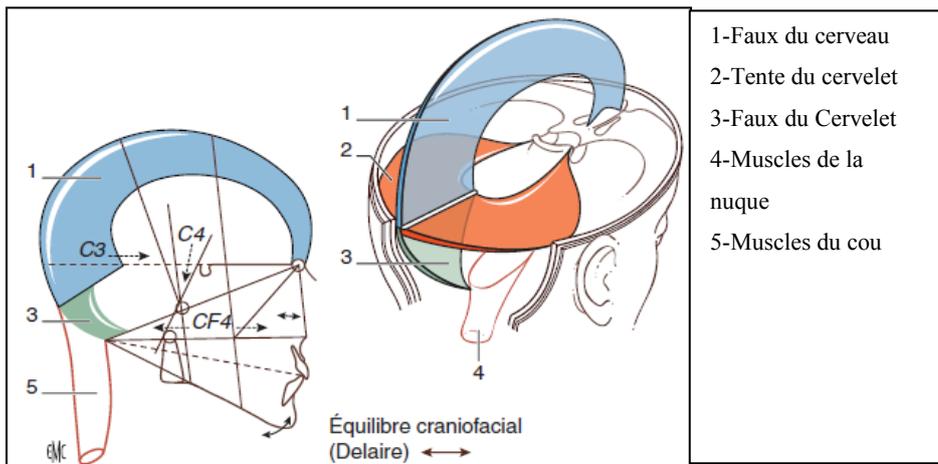


Fig10 : Système aponévrotique interne(Gehin et Linling in Deshayes)<sup>(147)</sup>

Il existerait alors une relation entre cinétique de croissance et remodelage osseux .Les pièces osseuses s'emboîtent entre elles par des biseaux bien spécifiques, qui permettent de définir des axes et pivots cinétiques. Ce principe déjà définie par Sutherland en 1930 à été repris par M.J. Deshayes, qui le considère comme étant le facteur essentiel dans l'équilibre architectural du squelette craniofacial<sup>(147)</sup>.

### 3.2.1.4.2. Flexion basi-crânienne

Il existe un phénomène important de remodelage de la base crânienne, qui se matérialise par la flexion, ou la pliure du segment antérieur pré sphénoïdo- éthmoïdo - frontal sur le segment postérieur post sphénoïdo - occipital. (Fig.11)

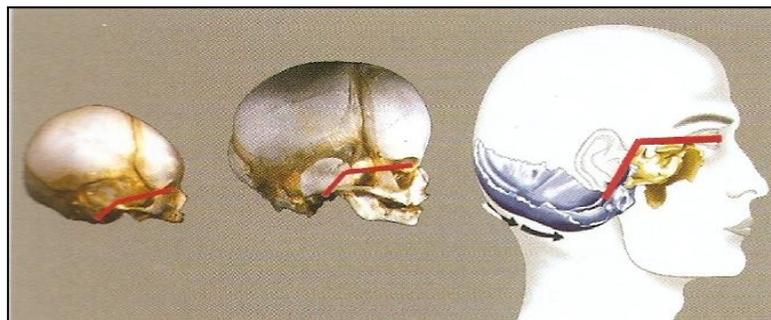


Fig.11 : La flexion basi-crânienne anténatale et post-natale<sup>(147)</sup>

Cette flexion n'a pas la même amplitude, ni la même vitesse d'exécution chez tous les enfants. L'analyse de l'influence des facteurs crâniens, sur la face et leur répercussion sur

l'occlusion montre bien, que les arcades dentaires, appartiennent à des unités osseuses, que sont le maxillaire et la mandibule, dont le rattachement basicrânien se fait comme suit :

1. Le maxillaire rattaché à l'unité sphénoïdo-éthmoïdo - frontal.
2. La mandibule rattachée à l'unité sphénoïdo - occipital.

L'angle sphénoïdal matérialise la pliure basicrânienne qui s'effectue entre les deux segments.

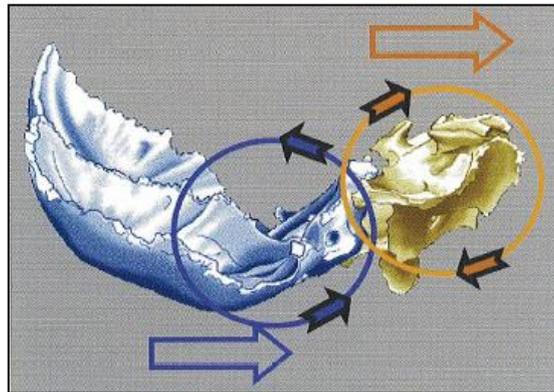


Fig.12 : Moteurs de la flexion basi-crânienne (Sutherland in Deshayes)<sup>(147)</sup>

Le premier moteur cinétique de la flexion est l'os occipital, il se comporte comme le premier déterminant de la flexion au cours de l'ontogénèse. La rotation antérieure de l'occipital, aboutit à un changement de sa forme : écaille plus large, avec impression d'avancée du trou occipital lui-même devenu plus large que long. (Fig.12)

Le deuxième moteur cinétique de la flexion est l'os *sphénoïde*. C'est un os complexe, formé de deux unités embryologiques qui séparent le corps en deux segments : pré sphénoïde et post sphénoïde, unies par la suture intra sphénoïdale qui se ferme à la naissance. Le mur antérieur est stabilisé vers 4 -5 ans, alors que le post sphénoïde subit de grands remodelages très tardivement. C'est justement le post sphénoïde qui constitue, avec le basi-occipital une unité fonctionnelle de pliure sur l'unité pré sphénoïdale.

Enfin le troisième os qui participe à cette flexion est l'os temporal, qui joue le rôle d'os satellite.

La rotation antérieure de l'occipital, aboutit à un changement de sa forme, avec effet de translation des pyramides pétreuses des temporaux .Au fur et à mesure que la base fléchit, la frontalisation des pyramides pétreuses s'accroît et positionne les cavités glénoïdes et donc les ATM vers l'avant. (Fig.13)

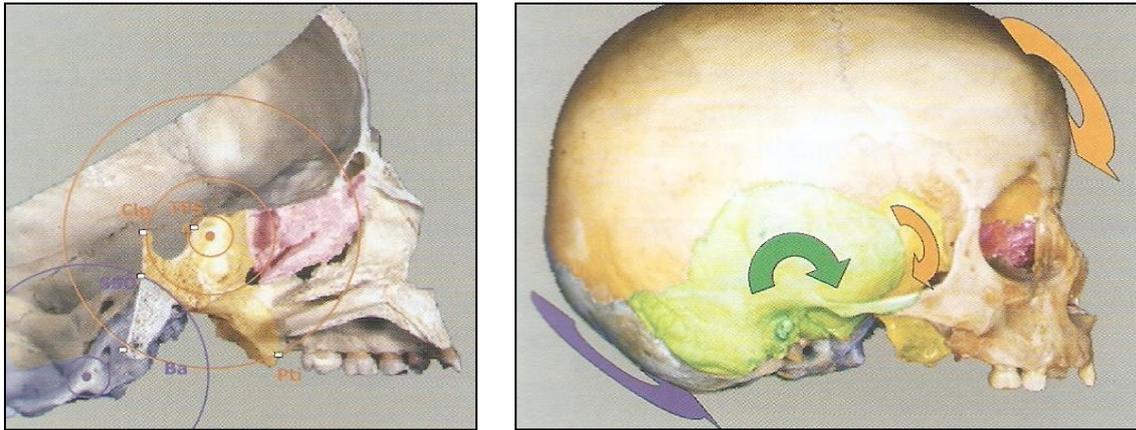


Fig.13 : Schématisation des rotations osseuses concordantes dans le déroulement de la flexion basi- crânienne.<sup>(151)</sup>

Dans notre ontogenèse actuelle, les conditions architecturales requises, pour se mettre à bien mastiquer à 3 ans, sont réalisées quand, *l'occipital* et le *sphénoïde* se modèlent, avec des cinétiques concordantes en rotation antérieure.<sup>(151)</sup>

Dans ce cas et si le processus de flexion est suffisamment actif, les temporaux peuvent acquérir la rotation antéro-externe et construire leur cavité glénoïde suffisamment sous crânienne.

C'est la condition architecturale, pour l'établissement d'une balance mandibulaire optimale. Deshayes souligne l'interaction existante, entre les différents éléments cranio-faciaux et propose deux schémas de croissance faciale, en fonction de la flexion de la base du crâne (*Fig.14*) :

- Un schéma contracté sagittalement : "dysharmonie primitive en flexion", s'accompagnant d'une classe III.
- Un schéma moins contracté : "dysharmonie primitive en extension", s'accompagnant d'une classe II.

Deshayes a permis de définir les éléments basi-crâniens qui influencent le déterminisme des classes squelettiques.

### 3.2.1.4.3. Détermination de la classe I squelettique

Une flexion modérée de la SSO aboutit normalement à l'établissement d'une classe I squelettique qui se traduit par :

- Une rotation horaire du *sphénoïde* au tour d'un axe horizontal.

- Une rotation anti-horaire de l'occipital, l'*éthmoïde* et le frontal autour de leurs axes horizontaux.
- La fermeture de l'angle sphénoïdal.
- Rotation externe des maxillaires et des temporaux.
- Rotation externe des temporaux.
- Un champ cranio-rachidien plus long et un champ craniofacial plus court<sup>(160)</sup>.

La détermination de la classe II squelettique sera évoquée dans le volet étiologique.

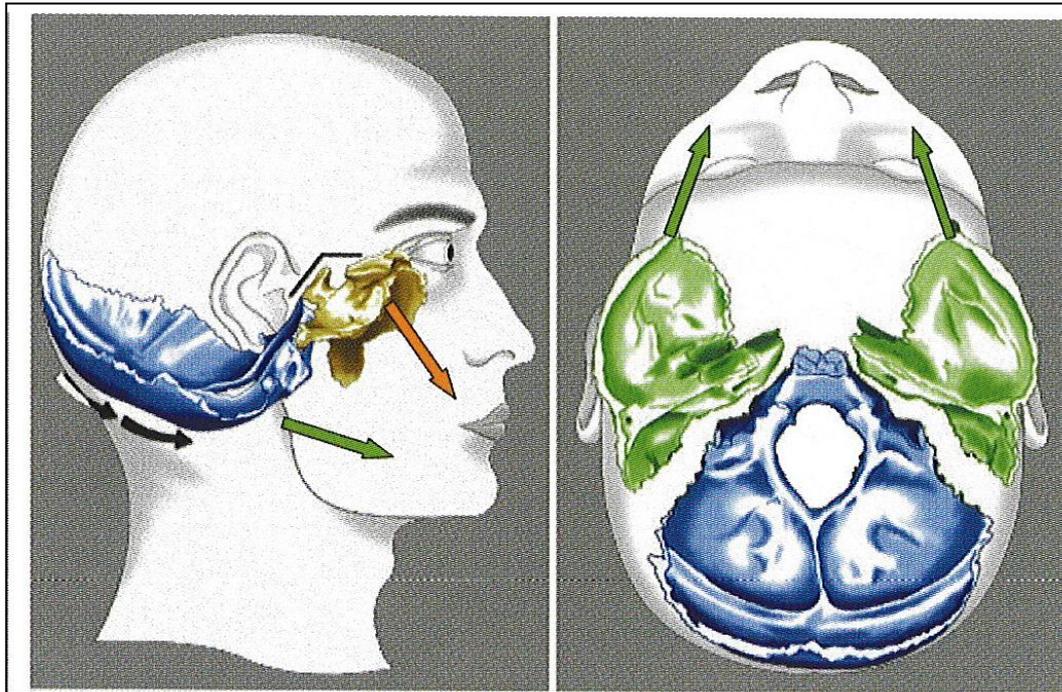


Fig. 14 : Influence des facteurs crâniens sur la face et leurs répercussions sur l'occlusion<sup>(151)</sup>

### 3.2.2. Croissance du massif facial supérieur et unité pré maxillaire

#### 3.2.2.1 Rappel anatomique

Le massif facial supérieur est composé de six os pairs : le maxillaire, le palatin, l'os nasal, le malaire, l'os lacrymal (*Inguis*), le cornet inférieur et un os impair ; le *vomer*.

De part sa taille et sa localisation, le maxillaire supérieur constitue la pièce maitresse du massif facial.

L'os maxillaire est un os pair, symétrique ayant l'aspect d'une pyramide triangulaire, occupant la partie centrale de la face. Le maxillaire est formé d'un corps, ou se détache quatre processus : zygomatique, frontal, alvéolaire et palatin. (*Fig15,16,17*)

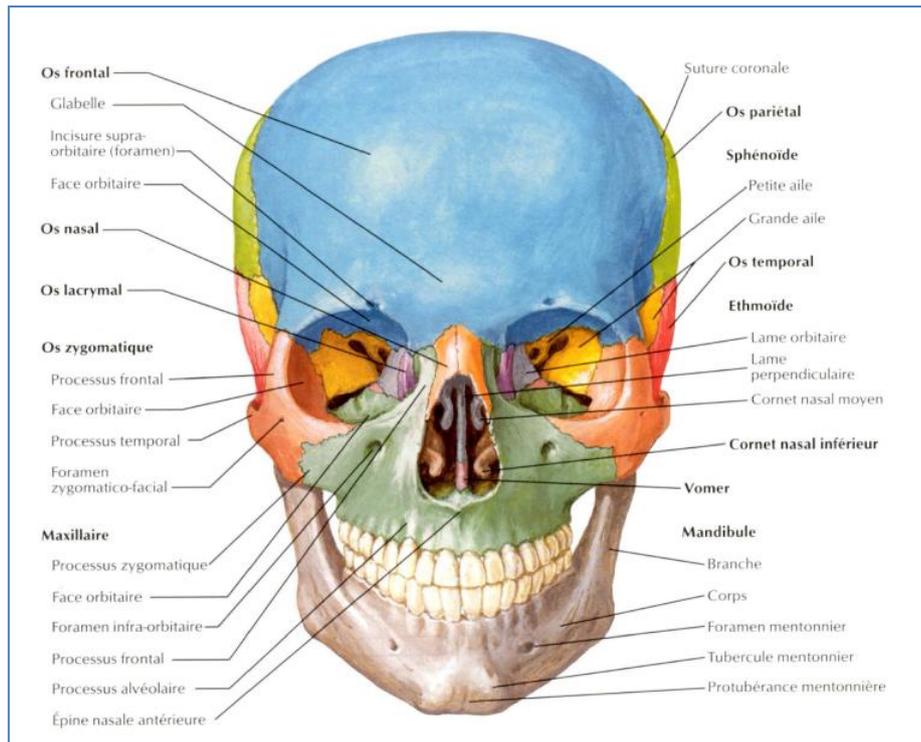
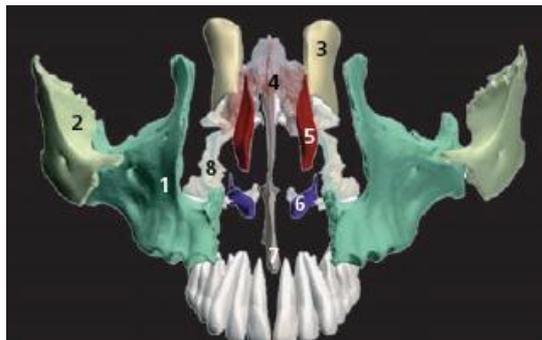


Fig.15 : Vue antérieure du crâne. <sup>(163)</sup>



- |                   |                     |
|-------------------|---------------------|
| 1. Os maxillaire. | 2. Os zygomatique.  |
| 3. Os nasal.      | 4. Ethmoïde.        |
| 5. Os lacrymal    | 6. Cornet inférieur |
| 7. Vomer          | 8. Os palatin       |

Fig.16 : Éclaté du massif facial supérieur <sup>(163)</sup>

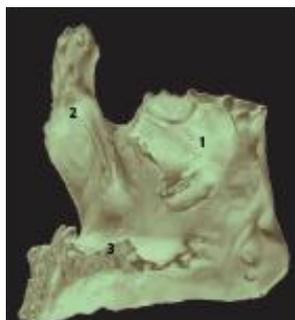
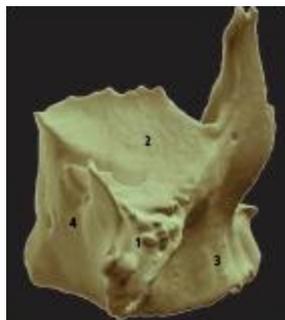


Fig.17 : Anatomie du maxillaire supérieur ( 17-a :Vue frontale, 17-b :Vue médiale,17-c :Vue horizontale) .Gaudy<sup>(163)</sup>

Le corps est creusé du sinus maxillaire, qui s'ouvre dans le meatus moyen par le hiatus semi-lunaire. Le développement du maxillaire est lié à celui du massif facial supérieur, ainsi qu'aux différents muscles et fonctions orofaciales, il est donc dérisoire de décrire la croissance

maxillaire seule, en la dissociant du massif facial, nous en retiendrons quand même les idées principales.

### 3.2.2.2. Croissance sagittale et verticale du maxillaire

Pour Scott, à partir de la base du crane, le cartilage de la capsule nasale, puis le septum nasal jouent un rôle important dans la croissance antéro-postérieure, puis verticale de la face.

Le maxillaire est uni à la partie antérieure du frontal et suit les mouvements de cet os, lequel dépend lui même de la croissance de la base du crane .Les synchondroses de la base du crane et la poussée du meséthmoïde cartilagineux impriment une migration mésiale au maxillaire.

Le maxillaire subit aussi une descente, due à la croissance du globe oculaire, ainsi qu'aux tractions musculaires (muscles du voile du palais).

Il existe aussi des phénomènes de remodelage par apposition, au niveau des tubérosités et des crêtes alvéolaires, ainsi que la paroi postérieure du sinus, à cette apposition postérieure correspond une résorption dans la région du prémaxillaire. On retrouve aussi une résorption osseuse au niveau de la face antérieure du maxillaire sauf à la face antéro-latérale des apophyses montantes, des os propres du nez et de l'épine nasale du frontal.

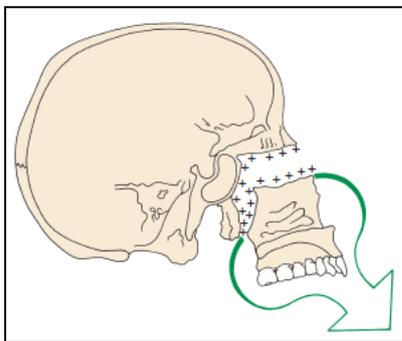


Fig.18 : Croissance du maxillaire supérieur selon Enlow<sup>(158)</sup>

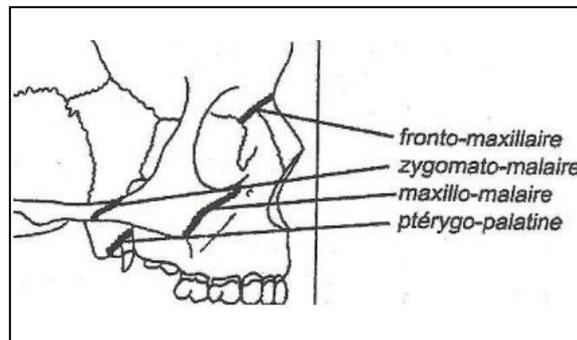


Fig19 : Les sutures faciales impliquées dans la croissance maxillaire selon Weinman et Sicher<sup>(136)</sup>

Cette croissance est due selon Weinman et Sicher principalement à l'activité des sutures temporo-zygomatique, maxillo-zygomatique, ptérygopalatine, fronto-maxillaire et essentiellement la suture maxillo-palatine qui est le siège d'une ossification de rattrapage, complété par une apposition osseuse le long du bord libre postérieur de la lame horizontale du palatin. (Fig19)

Les forces transmises au maxillaire par le couple mandibulo-lingual lors de la mastication et la déglutition déplacent et augmentent les dimensions des pièces squelettiques, donc le développement global du maxillaire ne peut s'effectuer normalement, que lorsque la manducation (préhension des aliments, mastication, déglutition) est elle-même totalement normale.<sup>(149)</sup>

### 3.2.2.2. Croissance transversale du maxillaire

Elle est due principalement à l'activité du système sutural sagittal (suture inter nasale, la suture inter incisive et la suture palatine médiane

On retrouve trois mécanismes :

- On retrouve d'abord la suture palatine médiane qui est sollicitée par les fonctions, sa synostose est tardive (âge adulte), mais son activité ralentit considérablement à la fin de la dentition temporaire.
- On retrouve ensuite la suture palatine transverse qui représente le mécanisme principal de l'accroissement transversal du palais.
- Enfin, les sutures inter incisives médiane et incisivo-canine jouent un rôle très important dans l'expansion de la partie antérieure du palais.

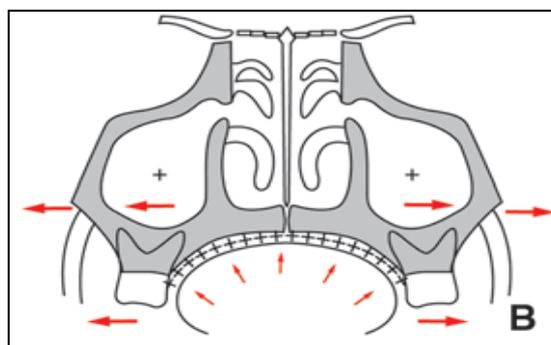


Fig. 20 : Croissance transversale du maxillaire supérieur<sup>(152)</sup>

### 3.2.2.4. Rotations maxillaires

Broadbent, Brodie, Wienmann, et Sicher soutenaient que le massif facial supérieur se déplacerait vers le bas et l'avant, de façon linéaire par le biais des quatre sutures sus citées qui présenteraient pour eux une direction de croissance parallèle.<sup>(132,136)</sup>

Pour Bjork, le déplacement n'est pas linéaire, mais plutôt courbe, incliné vers l'avant pendant la période juvénile, puis vertical pendant l'adolescence<sup>(138)</sup>.

Pour Deshayes, il se produirait en plus de la rotation globale du maxillaire dans le plan sagittal, une rotation externe des deux maxillaires dans le plan frontal, (en fonction de la flexion basi-crânienne). Elle décrit également des rotations partielles, entre palais primaire et secondaire, dues à une bascule du prémaxillaire autour d'un axe, constitué par la suture incisivo-canine. <sup>(151)</sup>

### 3.2.3. Croissance de la mandibule

#### 3.2.3.1. Rappel anatomique

C'est un os impair médian et symétrique, situé à la partie inférieure de la face. C'est le seul os mobile de la face, il s'articule de chaque côté avec le temporal par l'intermédiaire des articulations temporomandibulaire <sup>(164)</sup>.

Il est formé de trois parties :

**Le corps ou arc mandibulaire** : il présente la forme d'un fer à cheval, avec deux faces, une antérieure qui présente dans sa partie médiane la symphyse mentonnière et qui se termine en bas par l'éminence mentonnière. L'autre postérieure : Concave. On lui décrit deux bords : un bord supérieur (alvéole-dentaire) qui supporte les dents et l'autre inférieur : épais et arrondi. <sup>(162)</sup>

**Les branches montantes** : Elles présentent au niveau de leurs faces internes l'orifice d'entrée du canal dentaire, qui se dirige obliquement en bas et en avant. En avant de cet orifice se trouve l'épine de Spix. Le bord supérieur présente deux saillies, le condyle et l'apophyse coronoïde, séparés par l'échancrure sigmoïde. Le condyle est une saillie articulaire ellipsoïde, qui présente deux faces : une supérieure qui s'articule avec le condyle temporal et l'autre postérieure lisse et non articulaire. (*Fig.21*) <sup>(164)</sup>

#### 3.2.3.2. Embryologie

La mandibule est issue du bourgeon mandibulaire (partie inférieure du premier arc branchial). Son ossification nécessite la présence d'un tuteur et non pas un inducteur de croissance, qui est représenté par le cartilage de Meckel (prolongement du chondrocrâne).

La mandibule a une origine complexe : C'est à la fois un os de membrane, puisque une partie dérive directement du tissu conjonctif, sans modèle cartilagineux et un os de substitution, car d'autres parties sont dues à la transformation de zones cartilagineuses.

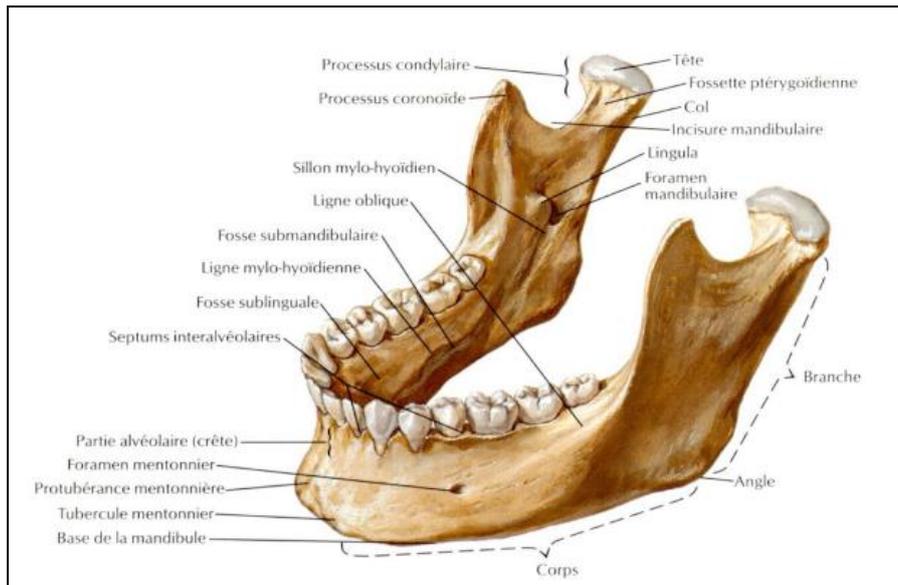


Fig.21 :21-a : Vue antéro-latérale supérieure de la mandibule adulte<sup>(164)</sup>

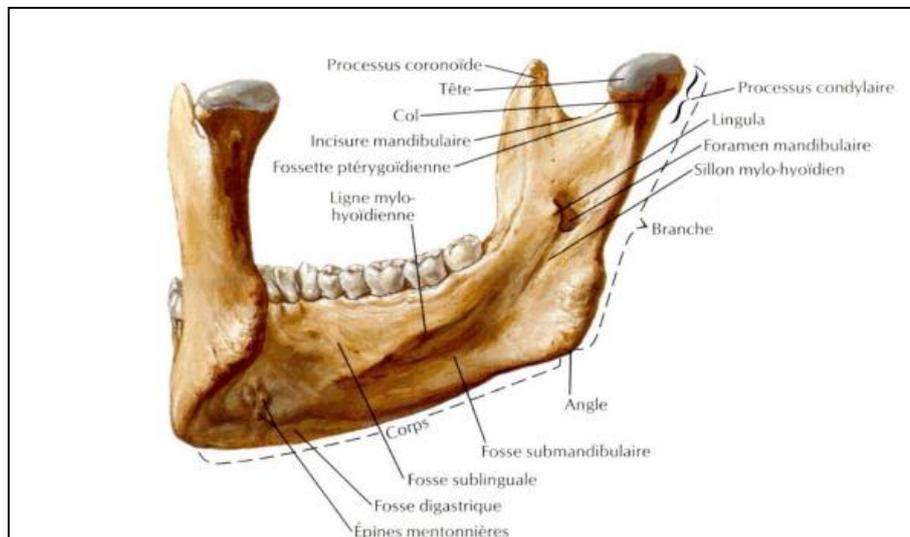


Fig.21 :21-b : Vue postéro-latérale de la mandibule de l'adulte.<sup>(164)</sup>

### 3.2.3.2.1. Formation de la branche horizontale :

La mandibule se forme d'abord en deux parties, qui se souderont ensuite à la symphyse mentonnaire. Le premier noyau osseux apparaît vers le 40ème jour de la vie intra-utérine, dans le tissu conjonctif qui tapisse la face externe du cartilage de Meckel, plus précisément au voisinage du futur trou mentonnier. (Fig22)

Le noyau principal s'étend horizontalement pour former : La lame osseuse qui représente essentiellement la branche horizontale (corpus) et une partie de la région mentonnaire. Il se prolonge vers l'arrière et s'infléchit vers le haut pour former une grande partie de la branche

montante. Cependant deux régions se forment par un phénomène de substitution ; la région symphysaire et la région condylienne (ossification enchondrale).

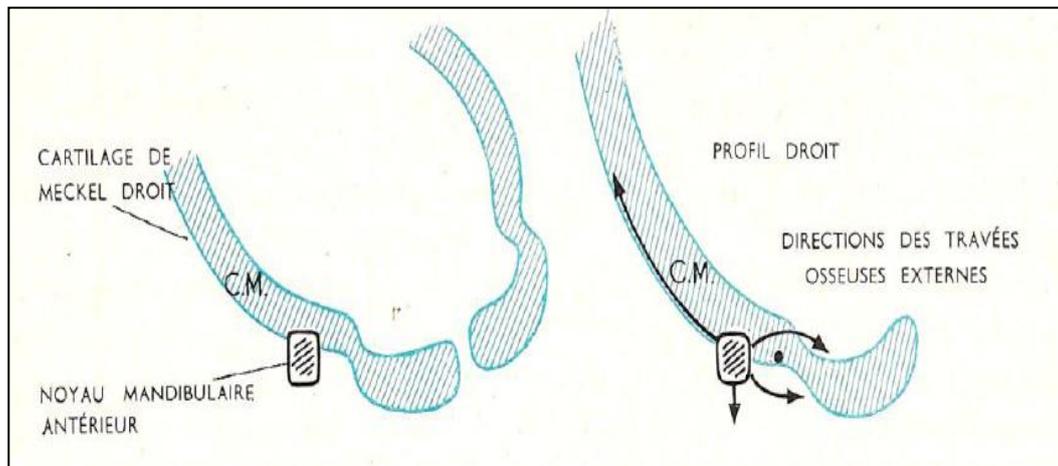


Fig 22 : Formation de la mandibule osseuse, coupe schématique de la mandibule<sup>(165)</sup>

### 3.2.3.2.2. Formation de la région symphysaire

L'extrémité antérieure du cartilage de Meckel se transformerait en petites pièces osseuses ; la formation de la partie antérieure de la mandibule serait donc due à un phénomène de substitution.

Certains auteurs ont un point de vue différent et pensent que le rôle ossifiant au niveau symphysaire reviendrait au cartilage symphysaire qui apparaît secondairement.

### 3.2.3.2.3. Formation de la région condylienne

Vers le 3ème ou le 4ème mois de la vie intra-utérine, trois cartilages secondaires indépendants du cartilage de Meckel apparaissent : Les cartilages angulaire et coronoïdien qui sont transitoires et disparaissent rapidement avant la naissance. Le cartilage condylien est le seul à persister, il est très particulier, c'est le centre le plus important de la croissance mandibulaire. Il se forme à partir du noyau condylien initial. , Puis il y a ossification progressive de ce cartilage, à partir de sa pointe spigienne (partie la plus basse), de telle sorte qu'à la naissance ; il ne persiste du cartilage qu'à la tête du condyle.

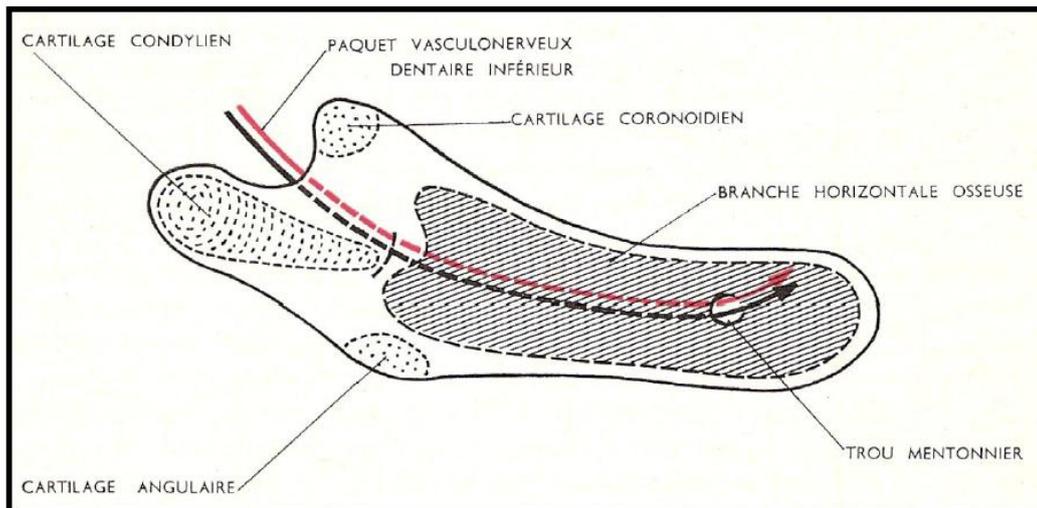


Fig. 23 : Les trois cartilages de la mandibule<sup>(165)</sup>

### 3.2.3.3. Différents concepts de la croissance mandibulaire

La croissance de cet os est complexe; tant par son mode d'ossification( os de membrane et cartilage secondaire), que par ses modifications morphologiques(forme, rotation...). Sachant que 80% des classes II sont dues à une retromandibulie(Mcnamara), cette croissance mandibulaire tant convoitée par les orthodontistes, revet alors un interet particulier pour les traitement orthopédiques des rétromandibulies.

En effet, l'avancée mandibulaire obtenue en grande partie, grâce à la croissance condylienne représente la clé de réussite de nos traitements. Il nous semble alors important de détailler les différents concepts et théories qui tentent d'expliquer cette croissance .

Selon Delaire il existerait trois principaux concepts de la croissance mandibulaire:<sup>(166)</sup>

#### 3.2.3.3.1. Conception dite « ancienne » de la croissance mandibulaire

Selon cette conception, la croissance de la mandibule se produit selon le mode du « Facial Pattern », prédéterminé par la « Direction » et la « Quantité de Croissance » du Cartilage Condylie. Elle ne peut en aucun cas être influencée par une action provenant de son environnement, notamment par un appareillage orthopédique . Cette thèse est soutenue par Sicher, Broadbent et Brodie.

Contrairement aux affirmations de Brodie, de nombreux travaux ont démontré, qu'en réalité, la croissance mandibulaire peut cliniquement varier spontanément (Bjork) et être influencée par un traitement orthopédique (Graber, Chateau, Hoffer, Korkhaus, Derichsweller).<sup>(162)</sup> Expérimentalement, Charlier et Petrovic<sup>(143)</sup> ont démontré qu'il est possible d'agir sur la croissance du cartilage condylien et que ce cartilage n'est pas primaire, mais secondaire. Cliniquement, la question est de savoir si le cartilage condylien a un potentiel de croissance important ou non.

### 3.2.3.3.2. Conception « classique moderne » de la croissance

Selon Enlow, la mandibule s'accroît par les parties postérieures de la région condylienne et de la branche montante, par croissance appositionnelle. Parallèlement, le bord antérieur de celle-ci se déplace en arrière par résorption. Ce mode de déplacement en arrière de l'ensemble du ramus est appelé « relocation ». Cependant Delaire estime qu'on ne peut en effet, accorder au condyle mandibulaire et au bord postérieur du ramus, le rôle essentiel dans la croissance du corps, car il y a des cas où il n'y a pas de condyle (hypo ou acondylie), ni même de ramus, alors que le corps mandibulaire est subnormal.<sup>(165)</sup>

Sarlat<sup>(166)</sup> a également montré, que la résection du condyle chez le jeune singe rhésus, n'empêche pas la croissance convenable de la mandibule.

Face à ces arguments, Enlow a modifié légèrement sa théorie, en diminuant le rôle joué par le condyle, dans la croissance mandibulaire, en effet c'est toute la branche montante qui jouerait ce rôle et que le corps s'accroîtrait de façon spécifique par la tubérosité mandibulaire.

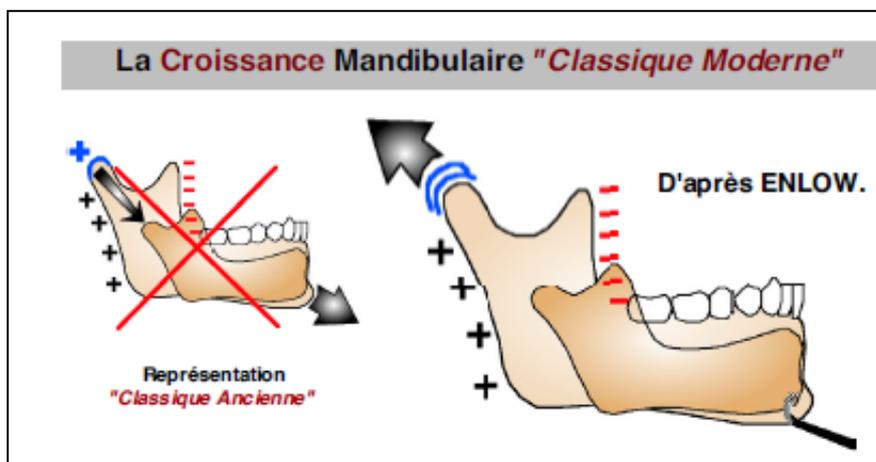


Fig. 24 : La croissance mandibulaire selon Enlow<sup>(165)</sup>

### 3.2.3.3.3. Concept cortical (Delaire)

La conception de Delaire est un peu différente : en effet à cet endroit, se trouve le ligament sphéno-mandibulaire, étendu entre l'épine du sphénoïde et l'épine de Spix. Donc quand le corps mandibulaire avance (sous l'influence notamment des poussées linguales) ; il y a mise sous tension de ce ligament, lequel, en tirant sur le périoste de la région spigiénne, entraîne ainsi une apposition périostée. <sup>(165)</sup>

L'ossification du corps, est donc fondamentalement due à la fonction. La thérapeutique de ses insuffisances de développement doit être donc fonctionnelle.

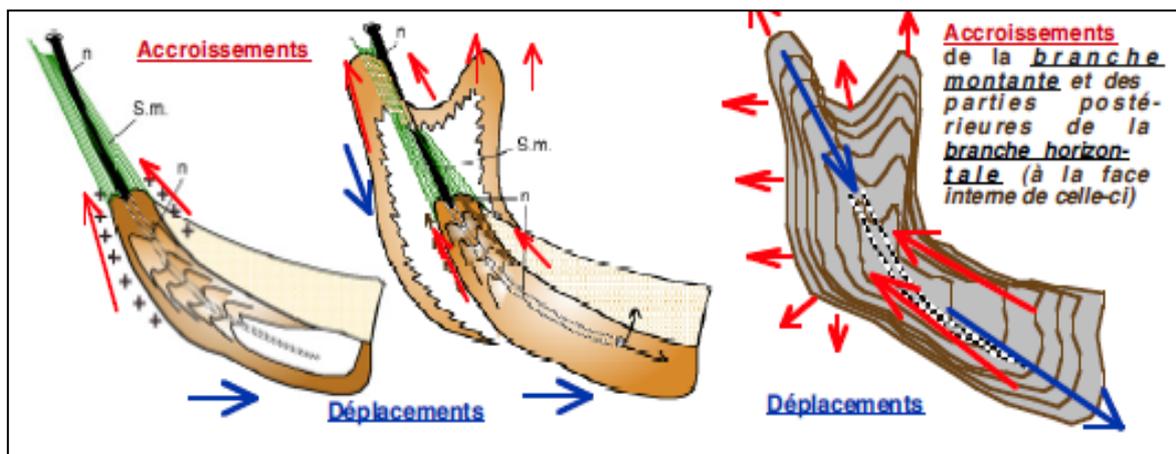


Fig. 25 : Représentation schématique de la croissance mandibulaire selon Delaire <sup>(165)</sup>

Il est plus difficile d'agir sur la croissance de la branche montante, limitée en avant puisqu'alignée sur le ptérygoïdien. Notre possibilité d'action s'exerce alors surtout sur le corps et la partie dento-alvéolaire.

Dans une étude faite par Delaire sur la physiologie des ATM ; les dissections anatomiques ont nettement montré, que la coiffe condylienne et le périoste du col condylien sont en continuité directe entre eux et avec celui de la branche montante. Cette continuité des revêtements intra et extra-articulaire ne s'observe dans aucune autre articulation. <sup>(165)</sup>

Dans les expériences réalisées par McNamara sur les singes, le blocage des mâchoires entraîne la disparition du cartilage.

Pour Couly, l'ATM est une suture spécialisée « *Ouverte* » avant la naissance sous l'influence des mouvements déjà importants chez le fœtus. (Delaire préfère le terme de « *Disloquée* »)

Ceci explique que l'A.T.M. a deux potentialités de croissance :

- Une sous l'influence des distensions au même titre que les sutures.

- Une autonome, due à son contingent cartilagineux.

Selon le concept cortical ; la corticale interne mandibulaire se développe sous l'influence des forces exercées sur elles par le massif lingual (langue et plancher buccal).

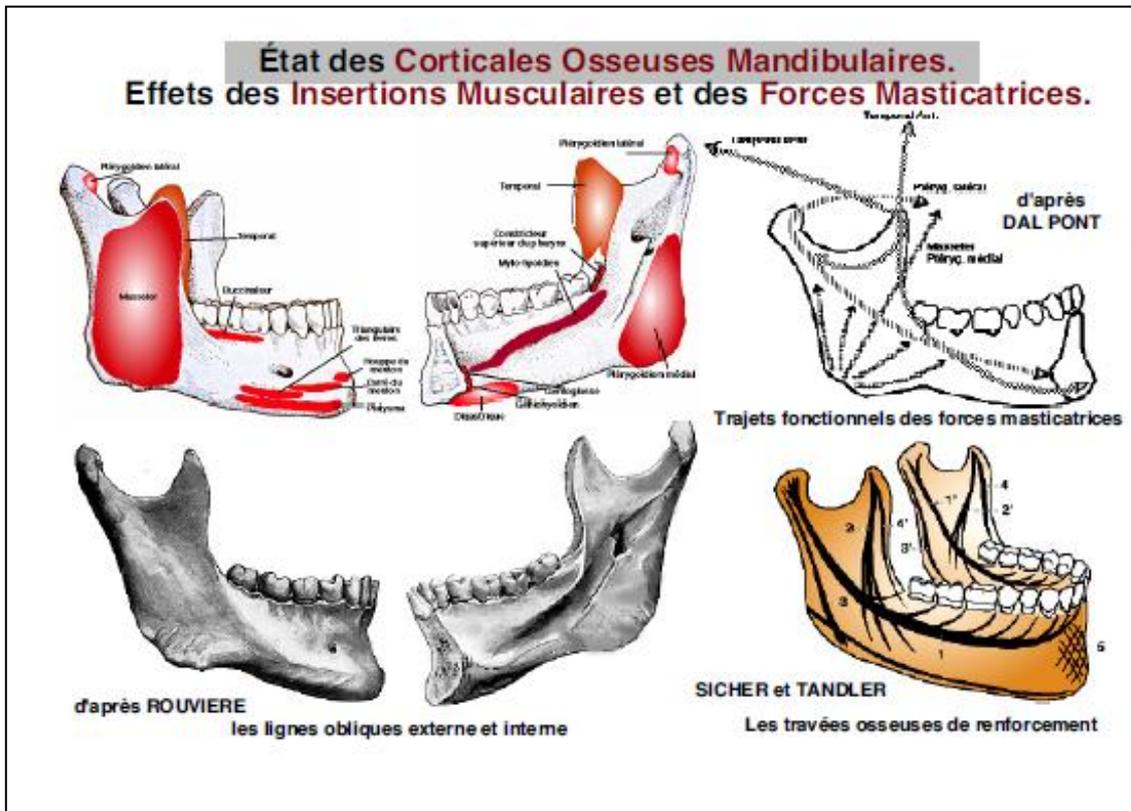


Fig.26 : Effets des insertions musculaires, et des forces masticatrices sur la croissance mandibulaire selon Delaire<sup>(165)</sup>

En somme, nous pouvons dire que :

La croissance mandibulaire dépend en partie de la génétique (croissance primaire du condyle), mais aussi de la dynamique crânienne, de la physiologie des fonctions, notamment celle de la mastication et de l'aubannage musculo-tendineux, ce qui confirme l'aspect multifactoriel de la croissance mandibulaire et ce qui potentialise à un certain degré l'action de nos traitements orthopédiques.

### 3.2.3.4. Mécanisme de la Croissance mandibulaire

Elle se fait par trois mécanismes :

#### Croissance suturale

Grâce à la synchondrose symphysaire, dont l'activité cesse avant la fin de la première année.

### **Croissance cartilagineuse**

Au niveau du cartilage condylien qui permet la croissance de la branche montante par ossification enchondrale.

### **Croissance remodelante**

La mandibule est recouverte d'un périoste vasculaire, possédant un mode membraneux de croissance osseuse (apposition - résorption).

La croissance mandibulaire se fait dans les trois sens : en largeur, en hauteur et en longueur. Pour faciliter la compréhension de la croissance mandibulaire, nous allons la diviser en quatre parties, soit le condyle, le corps mandibulaire, la branche montante et les procès alvéolaires.

#### **3.2.3.4.1. Croissance condylienne**

La participation du cartilage condylien dans la croissance de la mandibule a suscité et suscite encore bien des polémiques.

Il a été suggéré par Baume que le cartilage condylien, à l'instar des cartilages épiphysaires, était un centre actif de croissance sous contrôle génétique et endocrinien.<sup>(168)</sup>

Certains auteurs comme Meikle, Bjork, Enlow, Ricketts, lui accordent encore ce rôle primordial dans l'expansion mandibulaire, mais admettent aussi l'importance de sa croissance adaptative.

D'autres estiment que la croissance condylienne n'est qu'une réponse adaptative aux différentes forces qui s'exercent autour de la mandibule et en font non pas un centre de croissance, mais un site de croissance comme cité précédemment (McNamara, Moss, Petrovic). Enfin, certains comme Delaire<sup>(83)</sup> estiment que la croissance du cartilage condylien est essentiellement de type secondaire. Les condyles mandibulaires représenteraient des éléments de stabilisation et de positionnement de la mandibule. Cependant, ils posséderaient un certain potentiel individuel de croissance et participeraient donc au développement de la mandibule et surtout de ses branches montantes.

Delaire et Thilander<sup>(166)</sup> montrent d'ailleurs, que le condyle mandibulaire et son cartilage condylien font partie intégrante du ramus (par la continuité de ses couches fibreuses avec le périoste de ce dernier). Il participerait bien alors à la croissance générale des branches montantes. (*Fig.27*)

Les travaux de McNamara ont démontré que cette croissance dépendait fortement des stimulations du ptérygoïdien latéral et des organes connexes.

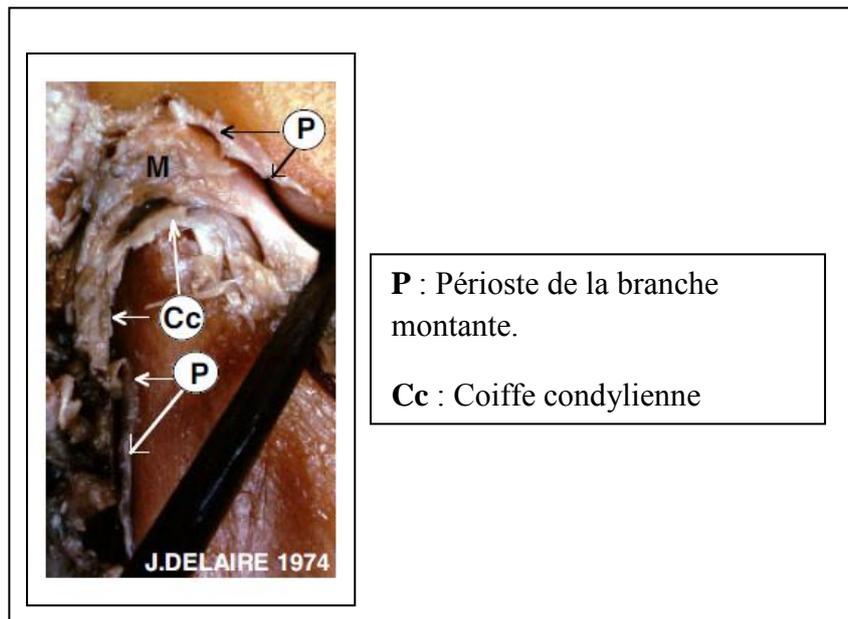


Fig.27 : Croissance et multiplication cellulaire du cartilage condylien<sup>(166)</sup>

### 3.2.3.4.1.1. Histologie du condyle

On lui distingue histologiquement quatre zones selon Aknin<sup>(152)</sup> (Fig.28):

- La zone articulaire du condyle : c'est une couche épaisse, fibreuse et avasculaire de tissus conjonctifs faits de faisceaux de collagène.
- Une zone intermédiaire : située juste en dessous de la couche précédente, on y distingue une prolifération cellulaire de préchondroblastes, avec un fort potentiel mitotique, il s'agit d'une zone de réserve.
- Une zone de cartilage hyalin ; ou les préchondroblastes sont devenus des chondroblastes, ces cellules perdent rapidement le pouvoir de se diviser, pour subir l'hypertrophie caractéristique de l'ossification enchondrale.
- La zone d'ossification enchondrale : au sein de laquelle le cartilage est résorbé et remplacé par de l'os spongieux.

### 3.2.3.4.1.2. Modalités de la croissance condylienne

La croissance enchondrale entraîne une multiplication des préchondroblastes au niveau de la face articulaire de la tête du condyle, ce remodelage est à l'origine de la rotation mandibulaire et des phénomènes d'inclinaison du ramus.

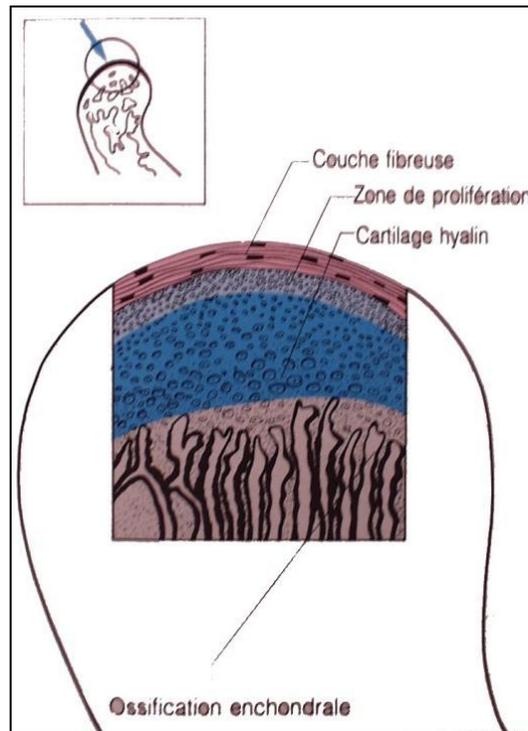


Fig. 28 : Coupe longitudinale du cartilage condylien (Rakosi,Jonas).<sup>(169)</sup>

Petrovic démontre aussi le rôle des muscles masticateurs et notamment celui du ptérygoïdien latéral dans la croissance condylienne, en effet, il constate une diminution de la multiplication des préchondroblastes lors de la résection de ce muscle chez le rat. Il conclut de l'importance de la musculature dans la croissance mandibulaire.

La croissance condylienne est donc adaptative. La dépression intra capsulaire provoquée par l'étirement musculaire physiologique pendant la croissance, sollicite la croissance condylienne.

En l'absence d'une intercuspidation stable, un signal d'écart apparaît et l'activité du ptérygoïdien latéral ainsi que celle des autres muscles masticateurs augmente, ce qui va obliger la mandibule à ajuster son arcade dans une position optimale.

Cependant les travaux de Degroot<sup>(170)</sup> chez le rat montrent: que l'hyper propulsion mandibulaire en soi, n'induit pas la stimulation de la croissance lorsque les fonctions mandibulaires sont empêchées.

En effet , il pense que les condyles supportant une "charge" des forces des muscles masticateurs, ne sont pas en mesure de répondre, ou de s'adapter par un accroissement morphogénétique.

Degroot en arrive donc à une théorie, connue sous le nom du "Tripode de Degroot"<sup>(170)</sup> et estime que pour obtenir une réponse de croissance des condyles, il est important de :

- Ne pas charger les condyles , en créant des contacts molaires, par des appareils interposés ; résine des activateurs amovibles, ou des surélévations collées directement sur les dents dans les cas d'hyperpropulseur fixe "bite turbo".
- Créer des conditions de décompression intra-capsulaire.
- Laisser libre les possibilités de fonction mandibulaire.<sup>(171)</sup>

Le cartilage condylien a un double rôle de cartilage articulaire et de croissance, l'un prédominant sur l'autre, selon la période de développement : fœtale, post-natale, adulte. Une charge fonctionnelle physiologique doit lui permettre de remplir simultanément ses deux fonctions. (Fig.29)

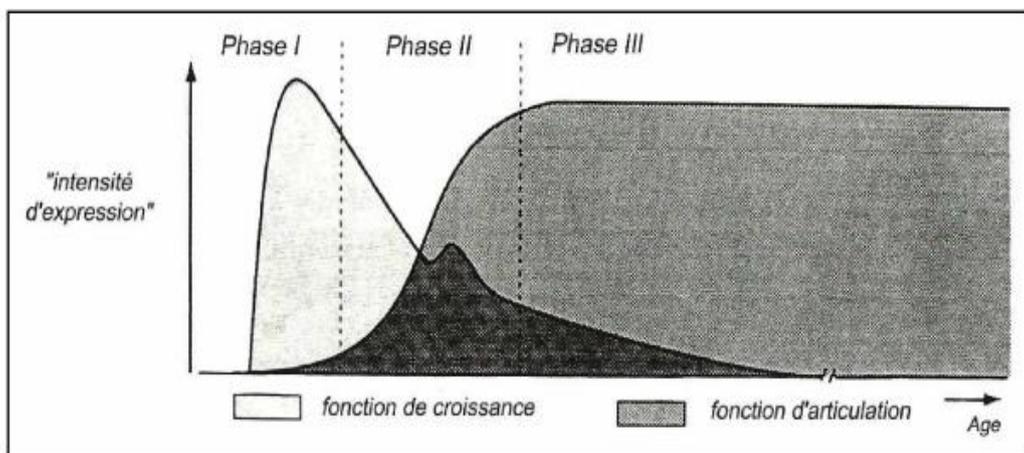


Fig. 29 : Fonctions du cartilage condylien mandibulaire pendant la vie.(Copray)<sup>(172)</sup>

### ➤ **Allongement et direction de croissance du col du condyle : Principe du « V » d'Enlow**

L'allongement du condyle en haut et en arrière, se fait selon le principe du « V » d'Enlow, il s'agit d'une apposition endostée, en regard de la direction de croissance et d'une résorption périostée, en regard de la direction opposée. Le résultat est un élargissement général en « V » ainsi qu'un déplacement en direction de son bord large (Fig.30).<sup>(167)</sup>

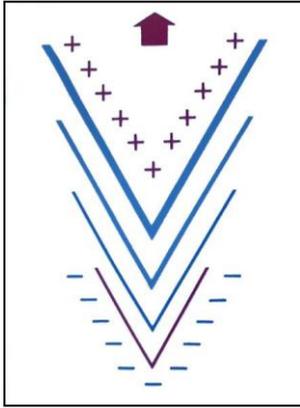


Fig.30 : Principe du V d'Enlow (Rakosi, Jonas).<sup>(169)</sup>

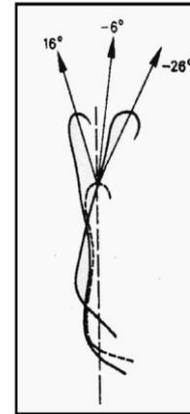


Fig. 31 : Direction de la croissance condylienne (Bjork).<sup>(173)</sup>

En moyenne la croissance condylienne fait un angle de  $-6^\circ$  vers l'avant par rapport à la tangente au bord postérieur de la branche montante de la mandibule, il s'agit donc d'une rotation antérieure modérée. Il existe cependant des variations individuelles qui peuvent aller de  $-26^\circ$  à  $+16^\circ$  selon Bjork. (Fig.31).<sup>(173)</sup>

L'expansion des parties molles entraîne le déplacement primaire de la mandibule. Le condyle s'allonge alors de façon adaptative afin de réintégrer l'articulation temporo-mandibulaire.

### 3.2.3.4.2. Croissance du corps mandibulaire

Le corps de la mandibule, quant à lui, grandit en longueur principalement par apposition osseuse sur sa surface postérieure. En fait, le remodelage du corps mandibulaire, entraîne un déplacement vers l'arrière du ramus. La mandibule croît en longueur par apposition à sa surface postérieure, mais en même temps, une résorption osseuse importante s'effectue sur la surface antérieure du ramus. Ce remodelage progressif permet de créer de l'espace en postérieur de l'arcade, pour l'éruption des deuxièmes molaires primaires tout d'abord et des molaires permanentes ensuite.

Petrovic et Stutzmann estiment que l'apposition postérieure serait due au ligament stylo-mandibulaire. Pour Delaire, comme cité précédemment, c'est plutôt le ligament sphéno-mandibulaire qui aurait un rôle de centre de croissance.<sup>(143)</sup>

Pour la symphyse mandibulaire : son accroissement en largeur au cours des premiers mois de la vie se ferait par l'intermédiaire de la synchondrose symphysaire. Delaire<sup>(164)</sup> explique qu'il

s'agit d'une suture ouverte postérieurement, ce qui lui permet de répondre aux variations du volume lingual. Elle cesserait d'être active dès la fin de la première année de la vie. Son épaissement se fait par apposition au niveau de la face postérieure de la corticale interne, mais également par apposition sur le bord antéro-inferieur et résorption au dessus du point B, ceci explique la dérive linguale physiologique de l'incisive inférieure.

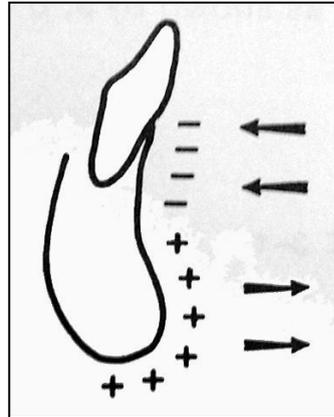


Fig. 32 : Remodelage symphysaire selon Enlow<sup>(131)</sup>

### 3.2.3.4.3. Croissance du ramus

Le ramus est le siège d'un certain nombre de phénomènes d'apposition et de résorption : Il existe une apposition périostée au niveau de la face latérale, interne et le bord postéro-inferieur. On assiste à une résorption périostée au niveau du bord antéro-inferieur<sup>(158)</sup> (Fig.33)

La dérive latérale va éloigner les deux structures goniales selon le principe du V d'Enlow, ce qui maintient la configuration curviligne du ramus. (Fig.34)

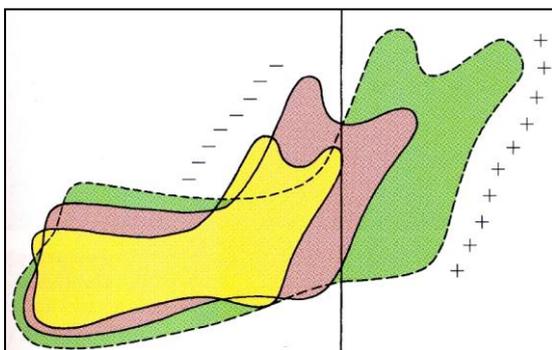


Fig.33 : Phénomènes d'apposition au niveau de la mandibule (Enlow)<sup>(158)</sup>

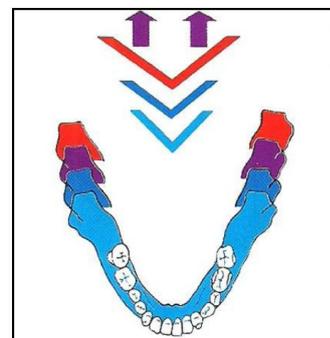


Fig.34 : Composante transversale de la croissance en longueur sous la dépendance de la distance inter-temporale.<sup>(158)</sup>

#### 3.2.3.4.4. Croissance de l'apophyse coronoïde

Elle est le siège d'une apposition périostée médiale et d'une résorption latérale. La base de l'apophyse coronoïde se trouve déplacée en direction médiale et ce déplacement est plus marqué que celui du sommet, qui compense ce décalage par un développement divergent vers le haut. Ce modelage, associé à une résorption du bord antérieur, entraîne un triple mouvement vers le haut, l'arrière et l'intérieur<sup>(158)</sup>

#### 3.2.3.4.5. Croissance des procès alvéolaires

D'origine membraneuse, l'os alvéolaire se modèle selon les lois histologiques d'apposition et de résorption, en fonction des tractions et des pressions qu'il subit. Les procès alvéolaires jouent un rôle de rattrapage entre les croissances maxillaires et mandibulaires. Leur croissance dépend du type de divergence faciale du sujet. Ils ont également un rôle de compensation sagittale, afin de diminuer l'importance du décalage des bases osseuses, mais également dans le sens transversal et vertical. D'après O'Meyer<sup>(174)</sup> : « La croissance verticale des procès alvéolaires au maxillaire est deux fois plus importante au niveau postérieur, qu'au niveau antérieur, à la mandibule le phénomène inverse s'observe, c'est le phénomène O'Meyer<sup>(174)</sup>. Pour Moss la mandibule est divisée en 6 unités de croissance mandibulaires ; Le condyle (1), l'apophyse coronoïde (2), la zone basale(3), l'angle mandibulaire(4), la zone alvéolaire(5) et la symphyse (6) ; chacune en relation avec une unité fonctionnelle. La zone des procès alvéolaires serait la cinquième unité, considérée comme une matrice fonctionnelle de la croissance basale mandibulaire. (Fig.35)

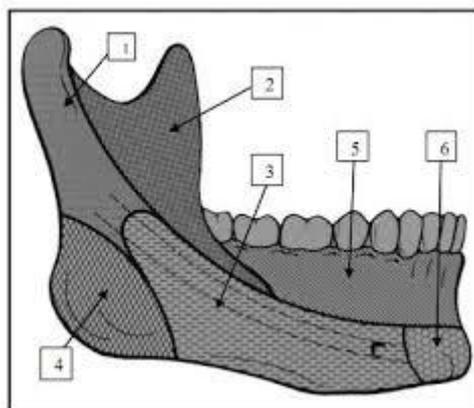


Fig. 35 : Visualisation des 6 unités micro squelettique de la mandibule selon Moss<sup>(140)</sup>

Le moment où la croissance mandibulaire se termine pour chaque dimension est différent. La croissance transversale est la première à s'arrêter, cessant même souvent avant le pic de croissance. La croissance en longueur se termine ensuite et la croissance verticale est la dernière à s'arrêter.

En somme : la croissance mandibulaire est multifactorielle et dépend :

- ✓ **Du cartilage de croissance condylien primo-secondaire** : rappelant les travaux de Petrovic, ce cartilage est soumis à l'action des hormones somatotropes, activées par l'action du muscle ptérygoïdien latéral.
- ✓ **Du périoste et de l'environnement musculaire** : outre le muscle ptérygoïdien latéral, le muscle temporal et la sangle ptérygo-masséterine contribuent au développement du ramus qui se compose ainsi de trois apophyses musculaires.
- ✓ **De la croissance alvéolo-dentaire maxillaire et mandibulaire** : la formation des procès alvéolaires se fait en liaison avec la migration physiologique des dents et joue un rôle de rattrapage entre les deux croissances maxillaire et mandibulaire.
- ✓ **De la base du crâne** : la flexion basicrânienne s'accompagne de la descente des ATM.
- ✓ **De la posture cranio-rachidienne** : elle pourrait influencer la direction de croissance du ramus.

### 3.2.3.4.6. Rotations mandibulaires

Il s'agit d'une dynamique, contrairement à la typologie, qui est un état statique : « la rotation est au type facial ce que la dentition est à la denture » (Aknin). Ce sont des phénomènes de compensation. C'est Bjork<sup>(173)</sup> qui va introduire le terme de rotation, il définit une méthode structurale de prévision de la rotation mandibulaire.

Björk et Skieller précisent les rotations mandibulaires en 1983 en dissociant :

La rotation totale du squelette, la rotation matricielle et la rotation intra matricielle. Par nos thérapeutiques (orthodontiques ou orthopédiques), nous pouvons influencer la rotation intra matricielle.<sup>(175)</sup>

Pour Dibbets,<sup>(176)</sup> le squelette et la matrice cohabitent : il leur trouve moins d'indépendance que Björk, mais il admet que la quantité de croissance du condyle, est génétiquement déterminée, cependant sa direction de croissance est l'expression d'un mécanisme de compensation destiné à atténuer, ou compenser les effets de l'augmentation de la croissance condylienne.

Selon Lavergne et Gasson<sup>(177)</sup>, la rotation mandibulaire est le mécanisme d'ajustement de la mandibule au complexe maxillaire, la rotation postérieure cherche à augmenter la longueur mandibulaire totale. Ils définissent les rotations positionnelles et morphogénétiques, équivalentes respectivement aux rotations totale et intra-matricielle de Björk et Skieller.

Ils synthétisent toutes les possibilités de croissance maxillaire et mandibulaire en 33 types rotationnels, permettant de prévoir le développement d'un patient ainsi identifié.

Nous retiendrons la classification de Bjork qui est la plus communément utilisée, il décrit deux types de croissance opposées « la rotation mandibulaire antérieure et postérieure » (Fig.36.). Ce type de croissance extrême est du à un différentiel, ou une dysharmonie entre les zones de croissance verticale postérieure maxillaire et mandibulaire et les précoces alvéolaires.

Ces deux types de croissance possèdent des signes structuraux caractéristiques, visibles sur une simple téléradiographie de profil, ils sont répertoriés sur le tableau ci-dessous. (Tableau I)

Les types de rotations postérieures répondent moins favorablement aux thérapies orthopédiques d'avancée mandibulaires, car ce type de croissance entraîne plus une réponse verticale que sagittale, ce qui entraîne une augmentation considérable de l'étage inférieur, aggravant ainsi le profil et les relations maxillo mandibulaires.

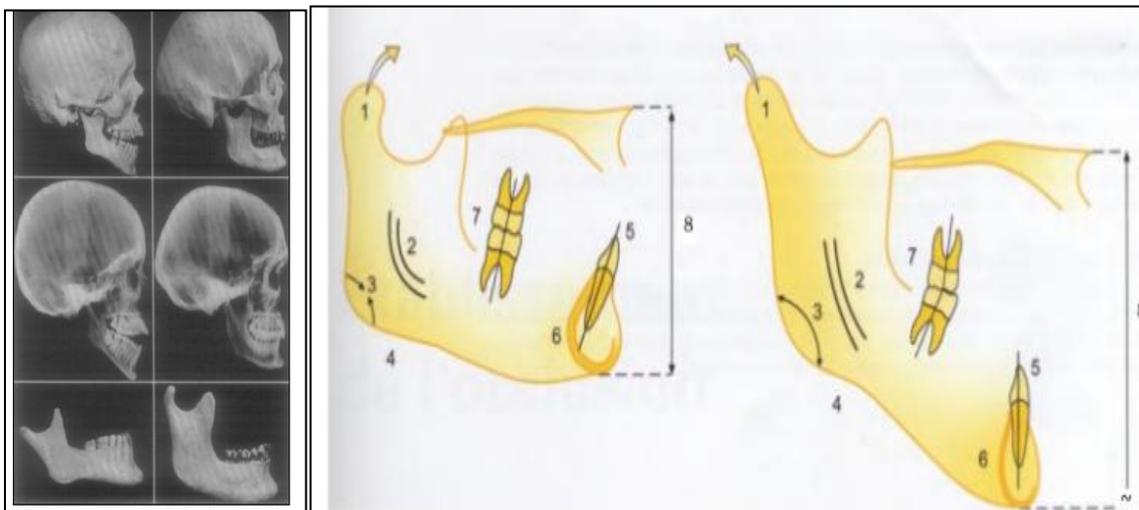


Fig.36 :Signes structuraux des rotations de croissance extrêmes selon Bjork<sup>(173)</sup>

Tableau I : Tableau des caractères déterminants dans la typologie de Bjork (Philippe et Loreille)<sup>(178)</sup>

Caractères	Rotation antérieure	Rotation postérieure
1. Direction du col du condyle	Trapu et dirigé en avant	Allongé, grêle et incliné en arrière
2. Image du canal dentaire inférieur	Courbe	Rectiligne
3. Angle mandibulaire	Fermé	Ouvert
4. Echancre pré angulaire	Bord inférieur de la mandibule en « rocking chair »	Existence d'une échancre pré angulaire
5. Angle inter incisif	Ouvert	Fermé
6. Symphyse mentonnière Corticale osseuse	Épaisse Épaisse	Peu épaisse Mince
7. Angle postérieur entre les axes des dents de 6 ans.	> 180°	< 180°
8. Hauteur de l'étage inférieur	Diminuée	Augmentée

### 3.2.4. Articulation temporo-mandibulaire

L'articulation temporo-mandibulaire ou ATM est une Diarthrose (de type bi-condyloïde) qui unit la cavité glénoïde de l'os temporal, avec le condyle de la mandibule, par l'intermédiaire d'un ménisque, elle est fermée par une capsule articulaire. Elle permet les mouvements de la mandibule par rapport au crâne, qui permettent plusieurs fonctions : déglutition, mastication, phonation<sup>(180)</sup>

Les deux articulations droite et gauche sont les seules dans l'organisme à travailler de façon couplée, « en stéréo ». La mandibule les reliant entre elles à la manière d'un guidon.

L'anatomie descriptive de l'ATM est bien connue, malgré une certaine variabilité, mais son aspect dynamique l'est moins, en l'absence d'un système d'imagerie adapté au suivi tridimensionnel d'un sujet en temps réel.

#### 3.2.4.1. Rappel anatomique

L'ATM est issue du mésenchyme du premier arc branchial, c'est une articulation fonctionnelle avant édification totale in utero, puisqu'on observe une succion du pouce dès quatre mois et demi, en collaboration avec le peaucier antérieur facial.

L'ATM est constituée de (Fig.36, Fig.37) :

- Surfaces articulaires
- Moyens de glissement (ménisque)
- Moyens d'union

✓ **Les surfaces articulaires**

**La cavité glénoïde (fosse mandibulaire) :** Surface concave, faisant partie de l'os temporal, située en avant du conduit auditif externe, en arrière du condyle temporal.

**Le condyle temporal :** Il correspond à la racine transversale de l'apophyse zygomatique. Sa surface est convexe d'avant en arrière, il forme une sorte de butée en avant de la cavité glénoïde.

**Le condyle mandibulaire :** C'est la partie supérieure de la branche montante formée d'une partie articulaire (la tête du condyle) et d'un col.

- La surface du condyle mandibulaire, recouverte de tissu cartilagineux est divisée en deux versants ; l'un antérieur articulaire, l'autre postérieure non articulaire<sup>(181)</sup>

✓ **Les moyens de glissement**

**Le ménisque :** Le ménisque, ou disque interarticulaire peut être comparé à une lentille biconcave s'interposant entre les surfaces articulaires et assurant leur adaptation respective. Il agit comme un amortisseur des contraintes mécaniques et joue un rôle proprioceptif.

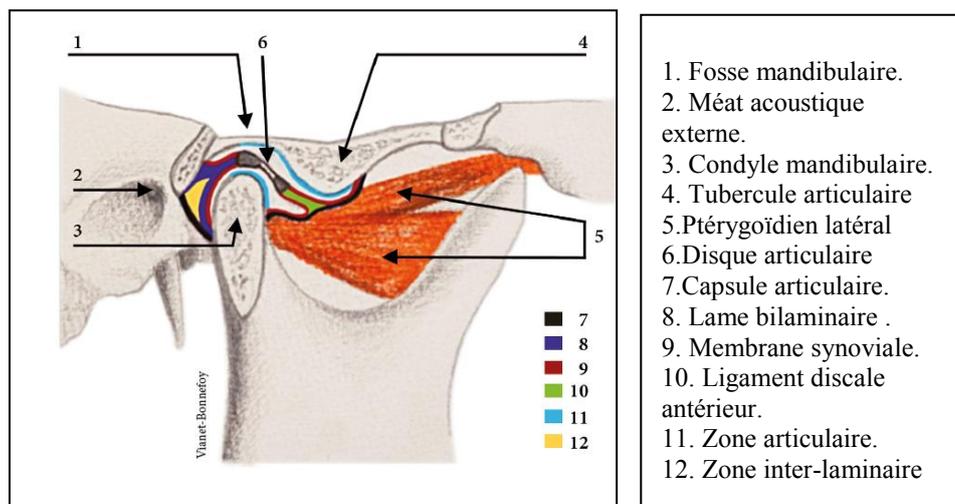


Fig.37 : Coupe sagittale de l'ATM droite bouche fermée<sup>(179)</sup>

### ✓ Les moyens d'union

Les surfaces articulaires sont maintenues en contact grâce à une enveloppe fibreuse ; la capsule, que consolident des éléments plus résistants ; les ligaments.

**La capsule :** Elle se présente sous la forme d'un manchon fibreux qui entoure les surfaces articulaires et relie la mandibule au temporal.

Elle s'attache en haut sur l'apophyse zygomaticue du temporal et en bas autour du col du condyle mandibulaire.

**Les ligaments :** On distingue des ligaments intrinsèques et des ligaments extrinsèques (Fig.38)

➤ **Les ligaments intrinsèques :** ce sont les ligaments principaux de l'ATM, on distingue le ligament latéral externe et le ligament latéral interne.

➤ **Les ligaments extrinsèques :** ils se trouvent à distance de la capsule, nous avons :

- Le ligament sphéno-mandibulaire.
- Le ligament stylo-mandibulaire.
- Le ligament ptérygo-mandibulaire.

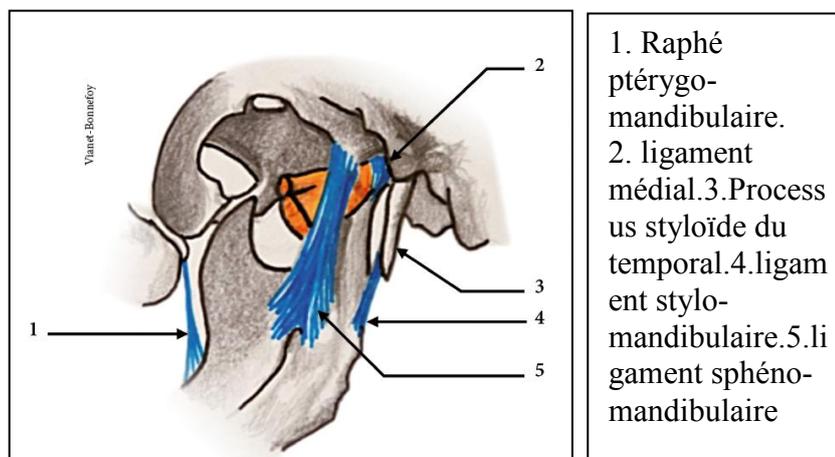


Fig.38 : Ligaments suspenseurs de l'ATM en vue médiale<sup>(179)</sup>

### • Myologie

Les muscles sont en rapports étroits avec l'ATM, soit quatre muscles pairs et symétriques, ils sont issus, phylogénétiquement d'une même masse musculaire dans le plan profond, le ptérygoïdien latéral (PL) abaisseur et le ptérygoïdien médial (PM) élévateur ; dans le plan superficiel, le masséter (M) et le temporal (T) élévateurs.

Tableau II : Muscles de l'ATM<sup>(164)</sup>

Muscle	Origine	Insertion	Action principal
<b>Temporal</b>	La fosse temporale et l'aponévrose profonde du temporal	Le ramus et l'apophyse coronoïde	Élève la mandibule et les fibres postérieures rétrudent la mandibule
<b>Masséter</b>	Arc zygomatique	Le ramus de la mandibule et l'apophyse coronoïde	Élève la mandibule et les fibres profondes rétrudent la mandibule
<b>Ptérygoïde interne</b>	Faisceau supérieur: sur la moitié interne des faces latérales du sphénoïde Faisceau inférieur: sur la face externe de l'apophyse ptérygoïdienne	Le col du condyle Le disque articulaire et la capsule de l'ATM	Action simultanée bilatérale : Protrusion mandibulaire Action unilatérale seule: mouvement latéral
<b>Ptérygoïde externe</b>	Faisceau profond: Surface médiale de l'apophyse ptérygoïdienne Faisceau superficiel: Tubérosité du maxillaire	Le ramus de la mandibule inférieur à l'épine de Spix	Élève la mandibule : ensemble : Protrusion de la mandibule

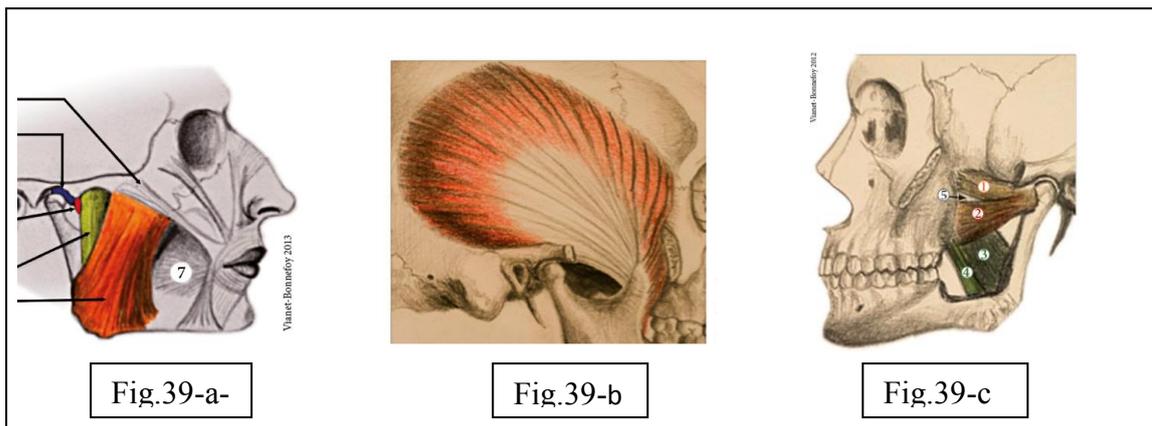


Fig.39 : Muscles de l'ATM<sup>(179)</sup> : 39-a : Sangle massétérique de profil  
39-b : Muscle temporal en vue latérale droite  
39-c : Représentation classique du ptérygoïdienlatéral

### 3.2.4.2. Croissance de l'ATM

Parler de la croissance de l'ATM reviendrait à décrire entre autre la croissance condylienne (mandibulaire), car la partie temporale parait comme relativement statique lors de la croissance cranio-faciale. Elle ne possède pas de croissance propre et suivra celle de la partie moyenne de la base du crane et bien sur celle de la mandibule<sup>(181)</sup>

A défaut de nous répéter, nous dirons que la croissance de l'ATM dépend essentiellement de : la croissance maxillo-faciale, la croissance condylienne, la croissance des vertèbres cervicales, des tissus mous et de la cavité orale.

### **3.2.4.3. Biomécanique articulaire et cinétique mandibulaire**

Le fonctionnement d'une ATM ne dépend pas seulement de ses propres conditions fonctionnelles, mais aussi du fonctionnement de l'ATM controlatérale. En cas de déficit d'amplitude à l'ouverture d'une articulation, l'ATM controlatérale va essayer de le compenser par une amplitude plus importante que la normale (subluxation compensatrice).<sup>(179)</sup>

#### ➤ Mouvement d'ouverture fermeture

Lors de l'ouverture buccale, on estime généralement que le processus condylien effectue d'abord un mouvement de rotation pure dans le compartiment inférieur, jusqu'à 2 cm dans le plan sagittal, en tournant contre la face inférieure du disque, puis un mouvement de translation en avant et en bas dans le compartiment supérieur, guidé par l'orientation de ce même disque sur le tubercule articulaire du temporal. En réalité, le mouvement est progressif, en fonction du degré d'ouverture buccale, et ainsi rotation et translation peuvent s'associer en formant une « roto-translation ».

#### ➤ Mouvement de diduction

Lors des mouvements de diduction, le processus condylien du côté travaillant effectue une légère translation en dehors, appelée mouvement de Bennett, tandis que le processus condylien controlatéral se déplace légèrement en avant, en dedans et en bas selon un angle avec le plan sagittal, en projection sur un plan horizontal nommé angle de Bennett (*Fig.40*). Les deux processus condyliens, côté travaillant et non-travaillant, entraînent chacun leur disque respectif qui leur sont solidaires dans leurs déplacements<sup>(179)</sup>

#### ➤ Mouvements de propulsion-rétropulsion

Lors des mouvements de propulsion, la mandibule se dirige en avant et en bas par translation du complexe inférieur condylo-discal, le long de la surface postérieure du tubercule articulaire. La rétropulsion, est un mouvement physiologiquement assez limité (faisceaux postérieurs du Temporal), le processus condylien et son disque doivent obligatoirement

comprimer la zone bilaminaire, avant de buter sur la partie postérieure de la fosse mandibulaire et le tubercule zygomatique postérieur.

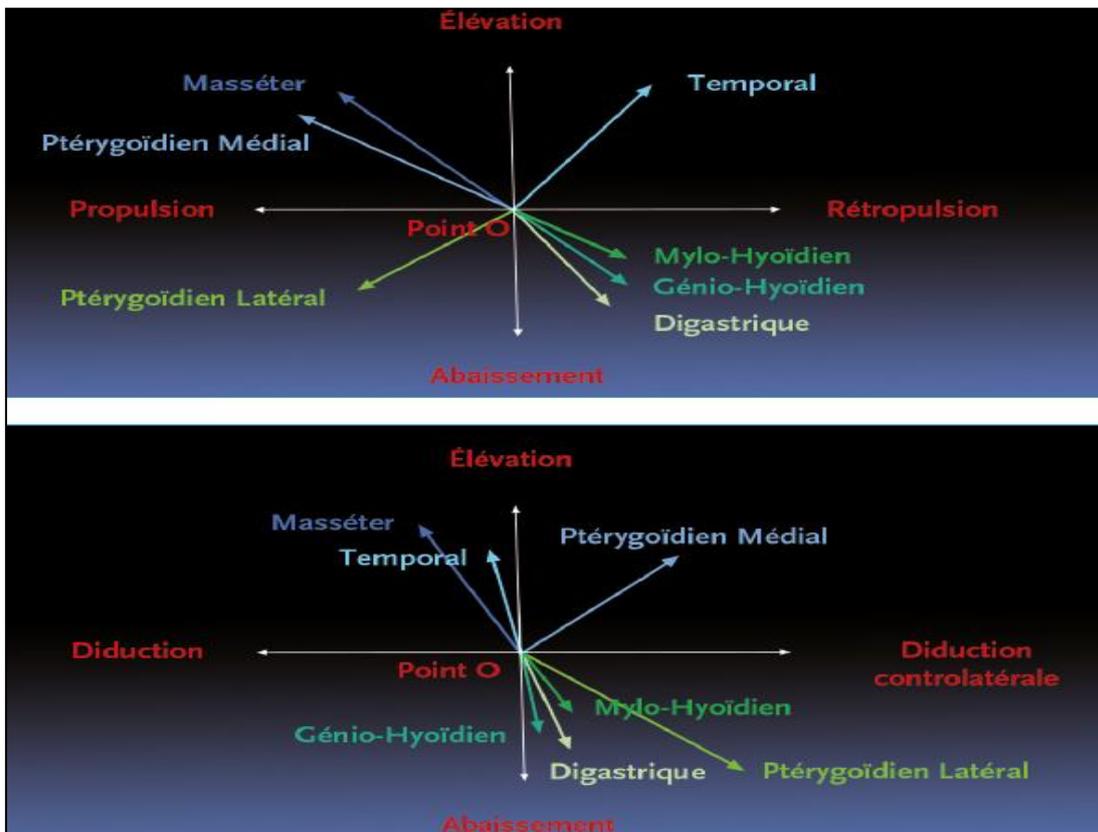


Fig. 40 : Action des muscles du système manducateur sur la mandibule dans le sens sagittal et coronal en partant du point O(Origine)<sup>(179)</sup>

La connaissance de l'anatomie et de la biomécanique des ATM est primordiale dans le traitement des classe II par rétromandibulie. En effet, les appareils myofonctionnels et notamment les bielles de propulsions utilisées dans notre étude, modifient la posture de la mandibule et forcent le patient à tenir la mandibule avancée. Les pressions créées au niveau de l'ATM par l'étirement des muscles et des ligaments qui s'y insèrent, sont transmises aux structures dentaires et squelettiques par l'appareil. On obtient ainsi des réponses dentaires et une modification de la croissance<sup>(182)</sup>. Ceci plaide en faveur de l'orthopédie fonctionnelle qui doit être assez précoce, l'idéale étant en période de croissance pubertaire pour les classes II, afin de bénéficier de la croissance mandibulaire et espérer ainsi obtenir un maximum de modifications squelettiques, assurant la stabilité de nos résultats.

Ceci nous amène à aborder un autre aspect de la croissance cranio-faciale, en effet celle ci présente de grandes variations en quantité, direction, vitesse et rythme.

### **3.3 Phénomène de croissance**

L'orthopédie dento-faciale à la particularité de mettre à profit la croissance craniofaciale de l'enfant et de l'adolescent, pour atteindre ses objectifs. La réussite de la thérapeutique orthopédique des classes II squelettiques est intimement liée au choix raisonné du début du traitement. Le moment optimal du traitement peut en effet influencer de façon significative la réponse de croissance mandibulaire, avec une durée de traitement diminuée

Même si certaines controverses existent toujours sur le moment précis d'intervention pour les classes II (juste avant ou pendant le pic), tous les auteurs s'accordent néanmoins à le situer au alentour du pic pubertaire, qui constitue le moment le plus efficient à la croissance mandibulaire et ainsi au traitement orthopédique des classes II squelettiques. Ce pic pubertaire de croissance peut être situé grâce, à l'exploitation des indicateurs biologiques de maturation squelettique.

La connaissance des âges biologiques et du stade de maturation, permet de mieux appréhender l'âge idéal de début de traitement. La croissance faciale suit une courbe générale avec un rythme et des accélérations spécifiques, cette croissance est caractérisée par une vitesse, un rythme, et un taux.

✓ La vitesse de croissance : c'est la mesure comparative de la vitesse des changements visibles pendant une période de temps. Ne pas confondre avec l'accélération qui est considérée comme étant des changements acquis pendant une période de temps, par rapport aux changements acquis l'année précédente.

✓ Le taux de croissance : c'est la quantité de croissance totale survenue entre deux périodes de temps.

✓ Le rythme de croissance : il correspond aux taux de croissance par unité de temps.

La croissance se caractérise par des périodes d'accélération et de décélération, en effet, l'étude des courbes de croissance, faite par Bjork<sup>(138)</sup>, (Fig41) montre que de 6 à 30 mois, il y a une croissance importante qui correspond à l'apparition des dents temporaires. De 30 mois à 6 ans, on remarque un ralentissement de cette croissance. De 6 ans à la puberté, on note une relance modérée de la croissance avec apparition de nouvelles dents (permanentes).

Pendant la période pubertaire, il y a une accélération, suivie d'une décélération du taux de croissance, formant un pic pubertaire en moyenne ; 14 ans chez les garçons et deux ans plus tôt chez les filles et s'annule totalement vers 16- 18 ans chez les filles et 18-20 ans chez les garçons. Cependant, il faut noter qu'il peut arriver que cette croissance continue jusqu'à 21 ans et plus, mais il est impossible de prédire un arrêt de croissance. Il faut remarquer que cette courbe concerne surtout les enfants danois à une époque donnée (1960) et qu'elle n'est pas forcément destinée à d'autres enfants qui vivent dans des conditions et des périodes différentes.

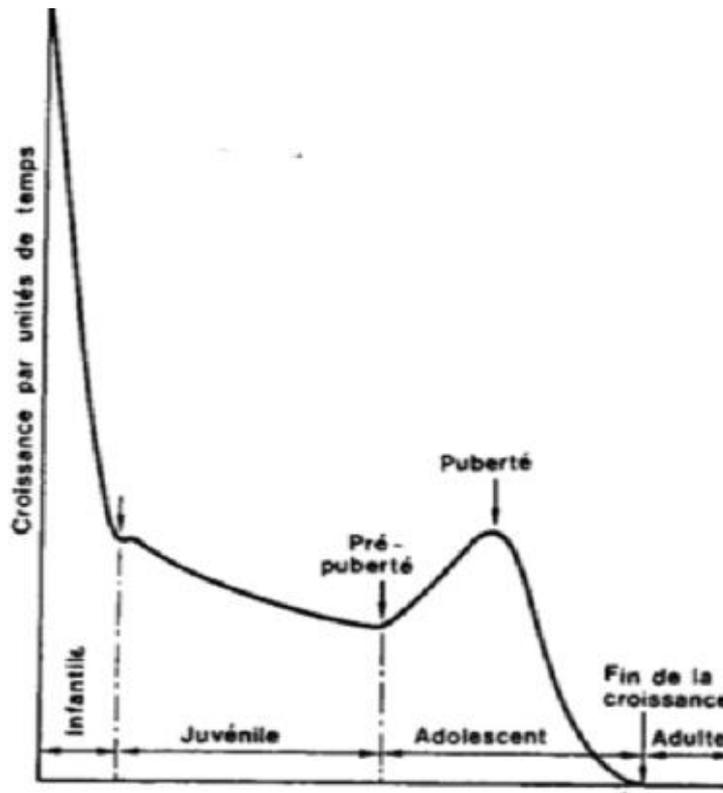


Fig. 41 : La courbe de croissance staturale de Björk en fonction de l'âge<sup>(137)</sup>.

### 3.3.1. Croissance mandibulaire et staturale

De nombreux auteurs, comme Burstone<sup>(183)</sup>, Hunter<sup>(184)</sup>, Björk<sup>(173)</sup>, Mauchamp et Nanda<sup>(185)</sup>, Béry<sup>(186)</sup>, trouvent qu'il existe une grande relation entre le taux de croissance faciale et le taux de croissance staturale. (Fig.42)

Pour Fukuhara et Matsumoto<sup>(186)</sup>, le pic pubertaire de croissance staturale coïncide avec le pic de croissance faciale, alors que pour Nanda<sup>(185)</sup>, Béry<sup>(186)</sup> et Hunter<sup>(184)</sup>, il précède de peu le pic de croissance faciale. Fukuhara et Matsumoto<sup>(187)</sup> expliquent ces divergences de résultats, par les différences de race et de sexe des populations étudiées.

Pour ce qui est du rythme de croissance du condyle mandibulaire, Bjork estime que la croissance du condyle se poursuit au-delà de la croissance suturale de la face et également un peu au-delà de la croissance staturale, jusqu'à 22 ans chez les garçons et 18 ans chez les filles, selon d'autres auteurs, elle se poursuivrait même encore plus tard. (Fig.43)

Deicke et Panchez <sup>(189)</sup> ont montré qu'après le stade RU de Björk <sup>(173)</sup>, il persistait une croissance résiduelle de moins d'un millimètre pour 80 % des sujets étudiés.

La croissance staturale s'effectue selon des rythmes saisonniers et nycthéméraux .<sup>(189)</sup>

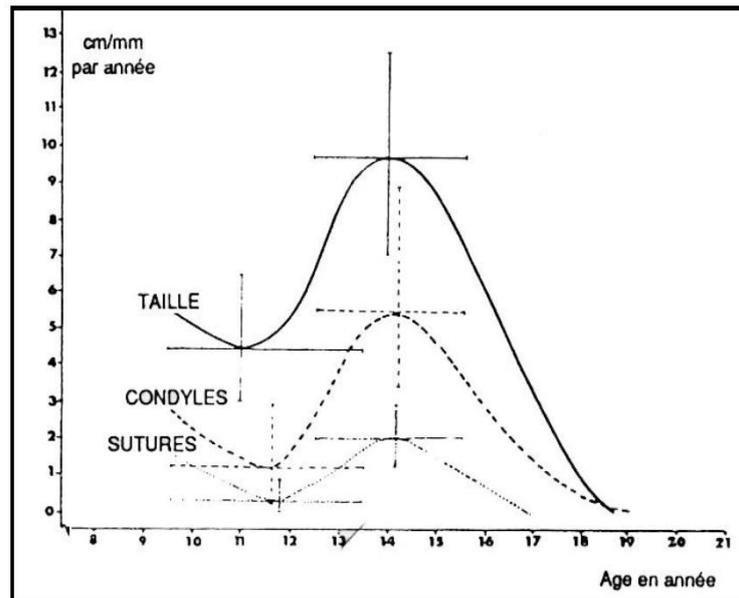


Fig. 42 : Courbes de croissance annuelles des croissances maxillaire, mandibulaire et staturale chez les garçons.<sup>(173)</sup>

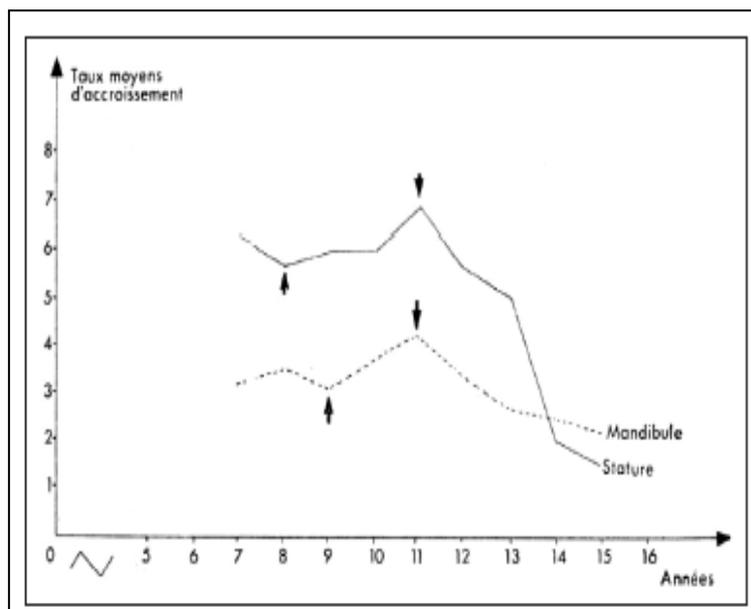


Fig. 43 : Courbes de taux de croissance staturale et mandibulaire<sup>(186)</sup>

### 3.3.2. Effets saltatoires de la croissance mandibulaire

Pour Maj et Luzi<sup>(190)</sup>, la croissance mandibulaire n'est pas intimement liée à la croissance staturale et la croissance mandibulaire ne serait pas régulière, mais présenterait plusieurs pics. Étudiant la croissance condylienne, Björk<sup>(173)</sup> observe pendant cette même période de nettes variations individuelles, en zigzag de la courbe du taux de croissance.

Woodside<sup>(191)</sup> suit la croissance mandibulaire sans traitement orthodontique de 114 garçons et 104 filles de 3 à 20 ans, et observe plusieurs pics :

- 1<sup>er</sup> pic vers l'âge de 3 ans, dont l'amplitude est la plus importante.
- 2<sup>ème</sup> pic entre 6 et 7 ans pour les filles et entre 7 et 9 ans pour les garçons.
- 3<sup>ème</sup> pic correspondant au pic pubertaire vers 11– 12 ans pour les filles et 14–15 pour les garçons.

Bonnefond et Guyomard<sup>(192)</sup> dans une étude transversale, ont analysé le rythme de croissance mandibulaire, en mesurant la distance condylion-pogonion. Selon ces auteurs, la mandibule commencerait sa croissance avant le maxillaire ; ils contestent les courbes de Björk. La croissance mandibulaire se ferait par des coups successifs, sans réel pic de croissance.

### 3.3.3. Estimation du stade de croissance

L'évaluation du potentiel de croissance et notamment mandibulaire pour les classes II par rétromandibulie permet d'adapter nos objectifs et nos actes thérapeutiques à cette croissance et ainsi optimiser nos traitements.

De nombreuses études ont été faites dans les dernières décennies, par l'intermédiaire des âges biologiques, pour estimer la quantité de croissance mandibulaire. Parmi ces âges biologiques, la maturation osseuse est objectivée par les signes classiques radiologiques sur une radiographie de la main et du poignet. Plus récemment, des études se sont portées sur les possibles corrélations entre des signes radiologiques au niveau des vertèbres cervicales sur la téléradiographie de profil d'une part et la maturation mandibulaire d'autre part. Les moyens actuels d'estimation de la croissance sont assez nombreux, certains sont précis et fiables, d'autres ne présentent pas de corrélation significatives.

Nous avons :

**3.3.3.1. L'âge dentaire** : par définition c'est le stade de dentition atteint par un sujet à un moment donné. Il semble ne pas y avoir une corrélation statistique significative entre croissance faciale et âge dentaire.

**3.3.3.2. L'âge civil** : nous ne pouvons pas nous fier à l'âge civil du sujet pour estimer le stade de croissance, car il existe des modifications importantes de développement osseux d'un individu à un autre au même âge.

**3.3.3.3. L'âge osseux** : d'après Loreille<sup>(193)</sup>, c'est une appellation qui est incorrecte, puisqu'il s'agit de maturation des os et non pas d'âge. Par définition c'est le stade de maturation des os propres à un individu. La lecture de l'âge osseux se fait à partir de radiographies de certaines articulations, permettant d'établir des standards de croissance et de maturation osseuse, avec une grande précision et permettent également de recueillir des informations plus fines grâce aux nombres importants de points d'ossifications existants.

#### **3.3.3.3.1. Radiographie du poignet (méthode de Greulich et pyle)** <sup>(194)</sup>

Certains os du carpe sont visibles avant la naissance et leur maturation s'étend jusqu'à la fin de la croissance, ce qui nous donne une longue durée d'évaluation. L'observation de la forme et du volume de ces petits os, permet d'établir une chronologie de la maturation osseuse très précise. L'avantage de cette évaluation est qu'il n'est pas nécessaire de bien les connaître, puisque c'est par comparaison avec l'atlas de Greulich et Pyle que nous pouvons établir l'âge osseux. Sur le même cliché radiographique, nous pouvons également estimer l'âge osseux par l'aspect des épiphyses de l'ulna et du radius : l'épiphyse externe de l'ulna apparaît à 10 ans chez la fille et n'est visible que deux ans ultérieurement chez le garçon.

#### **3.3.3.3.2. Radiographie de la main**

C'est Björk qui a publié les premiers travaux sur ce sujet. Le procédé consiste à évaluer le degré de soudure entre les diaphyses et les épiphyses des phalanges des doigts. Chez l'enfant, chaque phalange présente une diaphyse et une épiphyse qui vont se souder au cours de la croissance pour former un os continu et chaque stade de maturation phalangienne est en corrélation avec la croissance staturale et faciale. (Fig43) Trois stades de maturation sont différenciés :

- Le stade « égale » = quand l'épiphyse et la diaphyse présentent une même largeur.
  - Le stade capsulaire « Cap » Stade capsulaire (stade "cap") : épiphyse à bord épais et large dépassant la diaphyse.
  - Le stade d'union (stade "U") : soudure des épiphyses aux diaphyses correspondantes.
- Le stade PP1 cap correspond au pic pubertaire qui survient environ deux ans plus tôt chez les

filles. Le stade union signe la maturation osseuse et la fin prochaine de la croissance suturale. Cependant, la croissance de la mandibule se prolongera un peu au-delà de la croissance suturale.

L'apparition du sésamoïde, en regard de la face interne de la diaphyse de la première phalange du pouce signe la survenue de la grande poussée de croissance pubertaire.

Cet os est visible en moyenne 1 ans avant le pic de croissance plus précisément 9 mois avant chez les filles et 12 mois avant chez les garçons.<sup>(193)</sup>

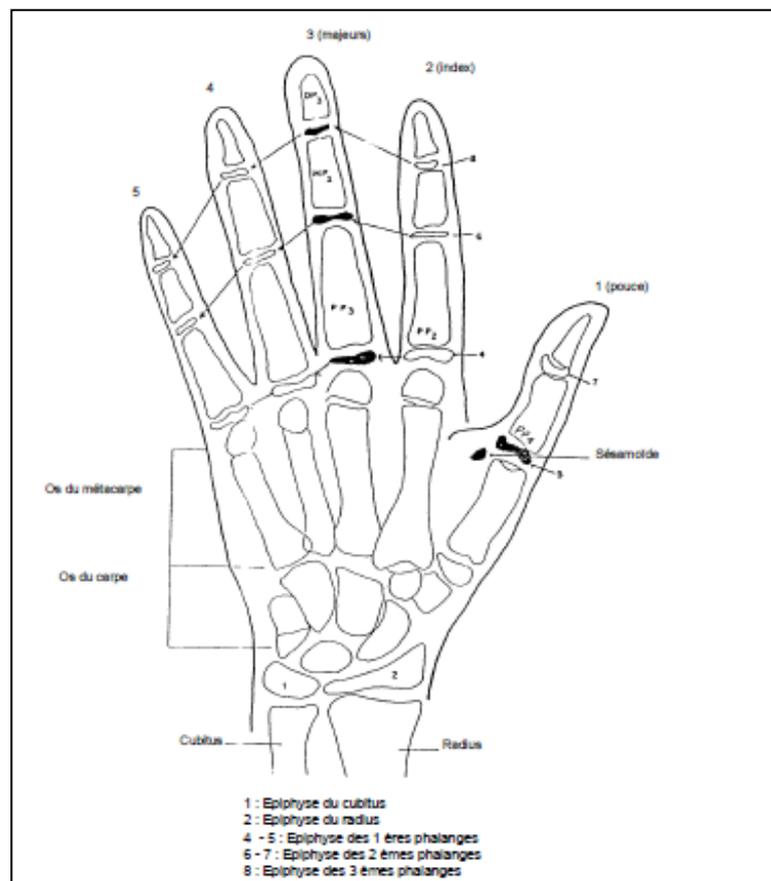


Fig.44 : Radiographie de la main<sup>(193)</sup>

### 3.3.3.3. Radiographie des vertèbres (méthode de Lamparski)

#### Croissance mandibulaire et âge vertébral :

Lamparski <sup>(195)</sup> a créé en 1972 des standards de maturation cervicale, pour les filles et les garçons, en relation avec l'âge chronologique. La méthode analyse la taille et la forme des corps des cinq vertèbres de la 2<sup>ème</sup> à la 6<sup>ème</sup> : la concavité du bord inférieur, l'inclinaison du bord supérieur, la hauteur du bord antérieur du corps vertébral, ainsi que l'épaisseur des

espaces intervertébraux. Lamparski établit ainsi six stades : CVS1, CVS2, CVS3, CVS4, CVS5, CVS6. (Fig45)

Les études de Baccetti, Franchi et Mc Namana<sup>(196)</sup>, concluent à une forte augmentation de croissance mandibulaire au moment des stades CVS3 et CVS4 de maturation des vertèbres cervicales, stades où a lieu le pic de croissance staturale.

Franchi, Baccetti et McNamara<sup>(196)</sup> publient en 2001 sur un échantillon agrandi, une version simplifiée des signes de la maturation des vertèbres cervicales, établie par Lamparski. Il en résulte une description en cinq stades de maturation CVM : I, II, III, IV et V (Fig.46), supprimant le stade CVS 2 de Lamparski.

Actuellement c'est la méthode préconisée et la plus fiable pour évaluer où se situe le patient par rapport à son pic de croissance mandibulaire.

L'analyse se fait par inspection visuelle de la morphologie des vertèbres cervicales C2, C3 et C4 sur une radiographie céphalométrique latérale du patient. Les points analysés sont les suivants :

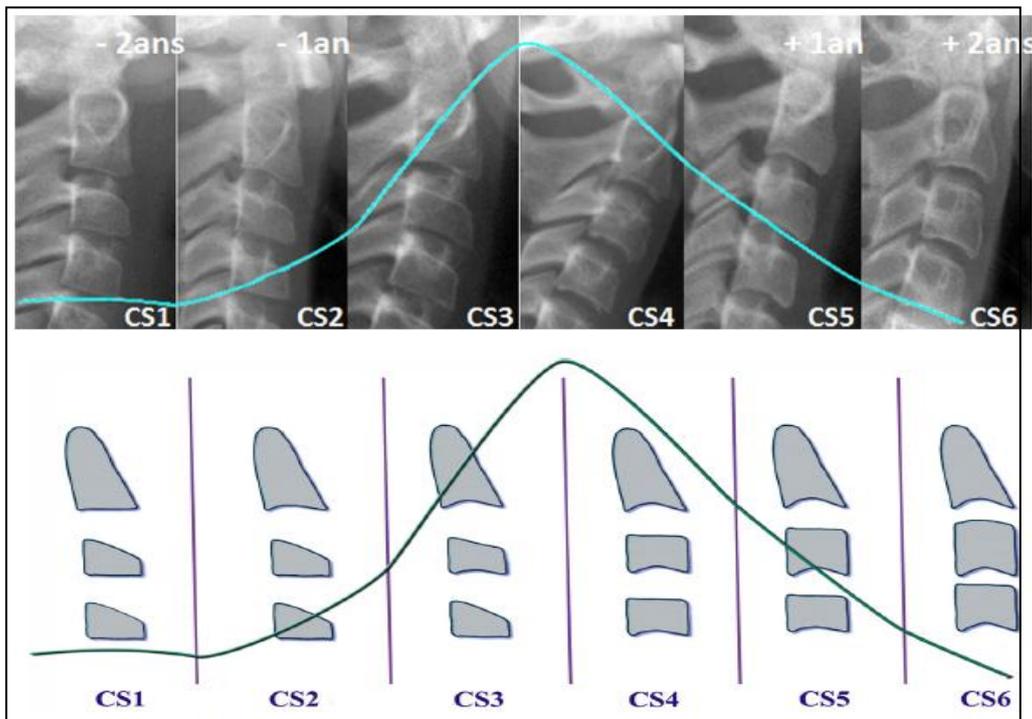


Fig. 45 : Les différents stades de maturation des vertèbres cervicales superposés à la courbe de croissance staturale de Bjork<sup>(189)</sup>

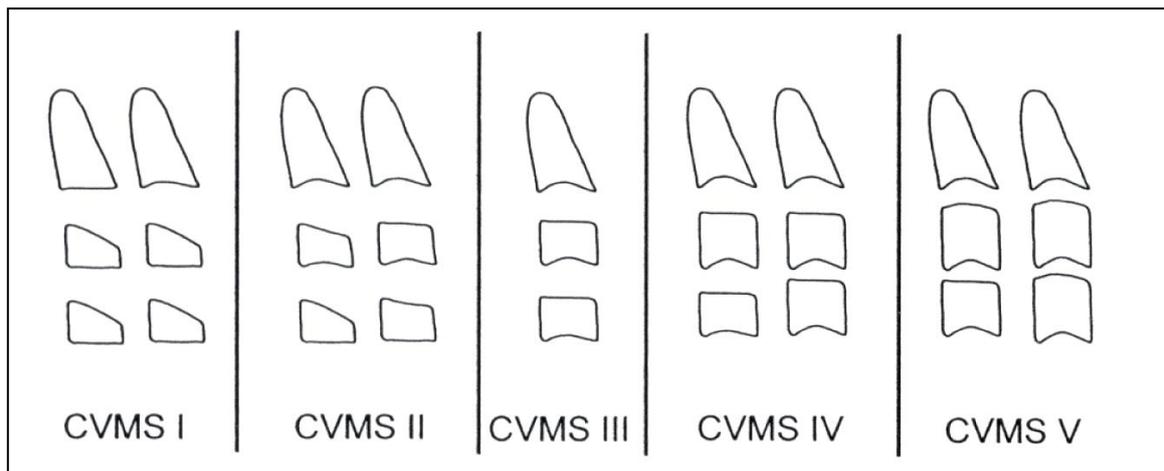


Fig. 46 : Nouvelle méthode de CVM : différentes combinaisons de morphologie des corps de C2, C3 et C4 sont regroupées en 5 stades<sup>(196)</sup>.

1. Présence ou absence d'une concavité sur le bord inférieur des corps de C2, C3 et C4.
  2. La forme des corps vertébraux de C3 et C4. Quatre formes sont considérées : trapézoïde, rectangulaire horizontale, carrée et rectangulaire verticale.
- Stade 1 (CVM1) : les bords inférieurs de trois vertèbres (C2 à C4) sont plats. Les corps de C3 et C4 sont trapézoïdes. On peut considérer que le pic de croissance mandibulaire devrait avoir lieu 2 ans après ce stade. (Fig.47)
  - Stade 2 (CVM 2) : une concavité est présente sur le rebord inférieur de C2. C3 et C4 ont encore une forme de trapèze. Le pic de croissance mandibulaire surviendra 1 an après ce stade. (Fig.47)
  - Stade 3 (CVM 3) : on note une concavité de la portion inférieure de C2 et C3 et C4 sont de forme rectangulaire horizontale. Le pic de croissance mandibulaire se produira durant l'année après ce stade. (Fig.47)
  - Stade 4 (CVM 4) : concavité au bord inférieur de C2 à C4, puis les corps de C3 et C4 sont rectangulaires horizontaux. Le pic de croissance mandibulaire est survenu 1 à 2ans avant ce stade. (Fig.47)
  - Stade 5 (CVM 5) : concavité du bord inférieur de C2 à C4. Au moins un des corps de C3 et C4 est carré. La fin du pic mandibulaire a eu lieu au moins 1 an avant ce stade.
  - Stade 6 (CVM 6) : les concavités du bord inférieur de C2 à C4 sont toujours présentes. Au moins une des vertèbres C3 et C4 est de forme rectangulaire verticale. Le pic a alors eu lieu au moins 2 ans avant ce stade. (Fig.47)

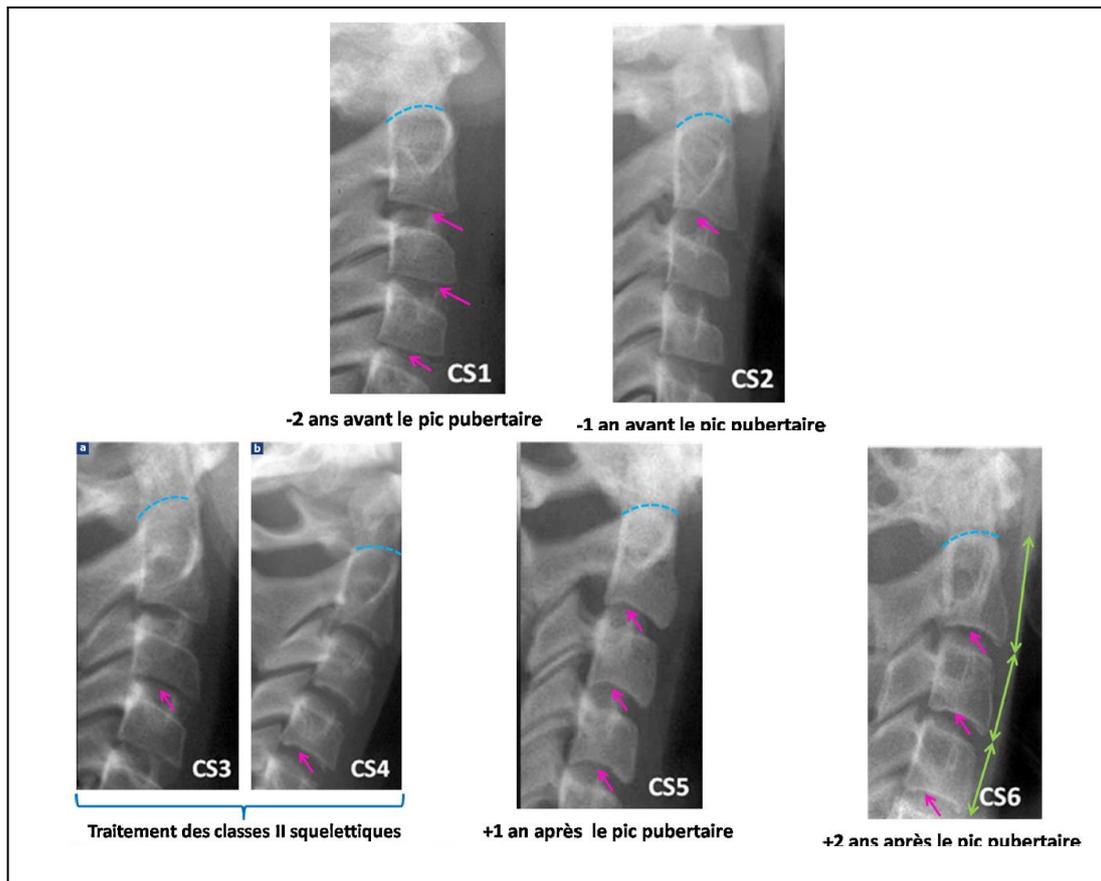


Fig.47 : Les différents signes de maturation des vertèbres cervicales. <sup>(197)</sup>

### 3.3.3.3. Radiographie de coude : Méthode de Sauvegrain, Nahum et Bronstein

Cette méthode est basée sur l'étude de la maturation osseuse de quatre régions du coude, à partir de radiographies en incidence de face et de profil.<sup>(198)</sup> Un score est attribué à chaque région étudiée : le condyle et l'épicondyle (score de 1 à 9 points), la trochlée (score de 1 à 5 points), l'olécrâne (score de 1 à 7 points) et la tête radiale (score de 1 à 6 points). L'addition des quatre cotations permet d'obtenir un score total dont le maximum est de 27 points. Ce résultat est reporté sur une courbe avec lecture directe de l'âge osseux selon le sexe (Fig.48).

Cette méthode ne peut être utilisée que lors de la phase ascendante de croissance, Pendant les trois premières années de la puberté, entre 10 et 13 ans chez les filles et entre 12 et 15 ans chez les garçons, l'estimation de l'âge est possible à six mois près.

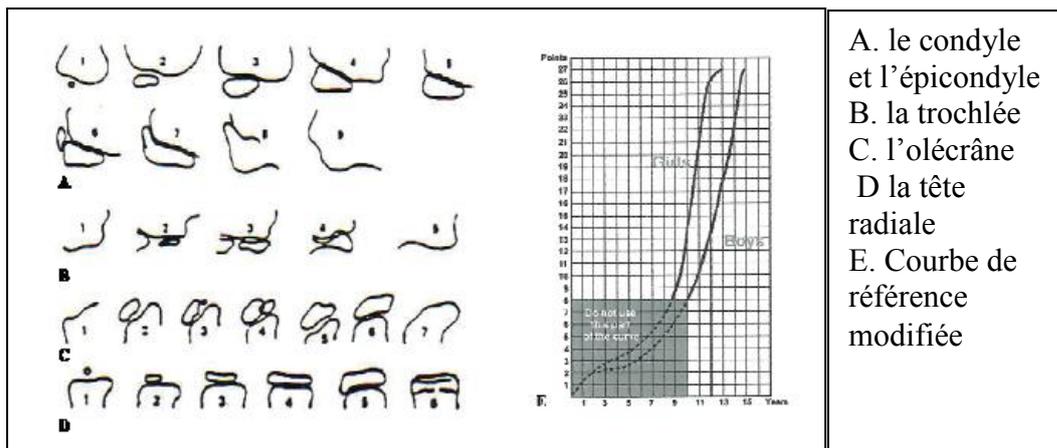


Fig 48 : Méthode de Sauvegrain, Nahum et Bronstein<sup>(198)</sup>

Il existe aussi d'autres méthodes d'estimation du stade osseux notamment ; l'étude de l'extrémité médiale de la clavicule ( Galstaun, Kreitner)<sup>(199)</sup> et la Crête iliaque (signe de risser)<sup>(200)</sup>, mais ces méthodes intéressent beaucoup plus la phase ascendante du pic pubertaire(fin de la croissance) 18-25 ans. Leur intérêt réside dans la concomitance entre la fin de cette ossification et celle de la croissance rachidienne. Elles sont surtout utilisées par les chirurgiens orthopédistes pour évaluer le risque potentiel d'évolution d'une scoliose idiopathique et choisir le meilleur moment pour poser une indication chirurgicale.

En somme, il faut retenir que la connaissance des phénomènes de croissance et l'évaluation du potentiel de croissance mandibulaire est un élément clé dans la réussite des traitements orthopédiques des classes II par rétromandibulie. Une intervention trop précoce, ou au contraire trop tardive pourrait nous faire perdre le bénéfice de la réponse mandibulaire. Par ailleurs, une évolution semble se dessiner à partir de récentes études sur la corrélation entre la croissance mandibulaire et la croissance staturale. L'existence d'un réel pic de croissance mandibulaire est actuellement remise en cause. Une succession de phases d'accélération/décélération de croissance serait à ce jour privilégiée dans le déroulement de la croissance mandibulaire, permettant d'envisager l'indication de plusieurs phases thérapeutiques.<sup>(189)</sup>

Les courbes de la croissance mandibulaire ne semblent pas s'infléchir après CVS 3 soit MP3 cap. La croissance mandibulaire pourrait donc être encore sollicitée après CVS 4 soit MP3 U, permettant une action plus tardive de nos dispositifs orthopédiques.

## **4. La malocclusion de classe II**

## **4. La malocclusion de classe II**

La malocclusion de classe II est un des problèmes orthodontiques les plus communs, qui se rencontre chez environ 1/3 de la population. Elle peut être d'origine dentaire, squelettique, ou une combinaison des deux. Lorsque cette malocclusion implique un décalage squelettique, il faut en déterminer la cause : soit un maxillaire protrusif, une mandibule rétrusive, ou encore une combinaison de ces deux facteurs.

Comme cité précédemment, Selon McNamara, la majorité des enfants présentait un maxillaire en position neutre relativement à la base crânienne et une mandibule le plus souvent rétrusive. Il relate aussi un développement anormal de la mandibule, tant dans le plan vertical qu'horizontal. Le profil est convexe selon le degré de rétrusion mandibulaire.

### **4.1. Définition**

Edward H. Angle a eu une influence majeure sur le développement de l'orthodontie, grâce à son grand intérêt pour l'occlusion dentaire et les traitements nécessaires afin d'obtenir une occlusion normale. Angle développa une classification des malocclusions permettant de comprendre et de visualiser facilement la relation des dents supérieures avec les dents inférieures. Sa classification des malocclusions permet de saisir la déviation de la dimension antéro-postérieure de la dentition. Il utilise la première molaire inférieure comme clé principale de l'occlusion : la première molaire inférieure doit être dans une position plus antérieure d'une demi-cuspide par rapport à la première molaire supérieure, on obtient alors une occlusion dite de classe I. Si la molaire inférieure est en position plus antérieure en rapport avec la molaire supérieure (plus d'une demi-cuspide), on parle alors de relation de classe III. Si la molaire inférieure se trouve plus distale par rapport à la molaire supérieure, il est question de relation de classe II.

Dans la malocclusion de classe II, Angle distingue 2 divisions. La classe II division 1 qui se caractérise par une arcade supérieure étroite, allongée et des incisives supérieures protrusives. Il fait aussi mention de fonctions anormales des lèvres, de la langue associées souvent à des troubles respiratoires<sup>(2)</sup>

La classe II division 2 qui est caractérisée par une arcade supérieure moins étroite que pour la division 1, une inclinaison linguale des incisives centrales supérieures, avec un certain chevauchement antérieur, des fonctions nasale et labiale plus ou moins normales.

Bien que commode et très répandue jusqu'à aujourd'hui la classification d'Angle a reçu de vives critiques : dogme de la fixité de la position de la molaire supérieure, absence de prise en

compte du sens transversal et vertical .En effet ces anomalies sont extrêmement polymorphes et sont le reflet de l'association du décalage squelettique et des compensations alvéolaires qui se sont, ou non, exprimées en fonction de l'environnement musculaire et fonctionnel.

Selon les travaux de Lavergne et Gasson déjà cités,<sup>(177)</sup> il existerait 33 groupes rotationnels qui permettent de définir une classification des anomalies de classe II selon le potentiel de croissance et de réponse mandibulaire que l'on peut attendre au cours de la thérapeutique. Villain<sup>(201)</sup> en 1903 et De Coster<sup>(202)</sup> en 1929 présentant leur étiopathogénies différentes, préféraient les appeler les « malocclusions distales inférieures »

Delaire pour sa part constatant que le symptôme « distocclusion molaire inférieure concerne des anomalies morphologiques très diverses, considère alors à juste titre les classes II comme étant de véritables syndromes médicaux.

Kolf<sup>(203)</sup> résume bien la complexité de ces anomalies, en effet , elle estime que même si les anomalies de classe II présentent un tableau clinique bien connu,, elles concernent en fait un ensemble de dysmorphoses bien différentes selon leur variétés anatomiques et leur étiopathogénies, elles peuvent résulter de malformations acquises, congénitales, ou bien représenter une adaptation dento squelettique à des troubles squelettiques.

Par souci de simplicité et pour éviter les répétitions, nous aborderons brièvement les déterminants morphologiques des classes II.<sup>(203)</sup>

## **4.2.Étiopathogénie et établissement de la classe II**

Parmi les nombreux facteurs susceptibles d'induire, ou de favoriser le développement d'une classe II division 1, il faut distinguer, en raison de leur incidence thérapeutique, les étiologies structurales ou affectant le potentiel de croissance de la mandibule, des étiologies fonctionnelles.

### **4.2.1.Étiologies structurales ou affectant le potentiel de croissance de la mandibule**

À la naissance, la mandibule est physiologiquement rétrognathe. La croissance mandibulaire normale (croissance plutôt en rotation antérieure), par sa direction et sa quantité, réduit le décalage sagittal maxillo-mandibulaire et la convexité faciale. De plus, la croissance mandibulaire continuant après la fin de la croissance maxillaire. Ce différentiel est favorable à la réduction de cette dysmorphose.

### 4.2.1.1. Détermination de la classe II squelettique

#### 4.2.1.1.1. Facteurs de prédisposition crâniens (extension de la base du crâne)

Un tableau en extension de la SSO, associé à une ouverture de l'angle sphénoïdal, un retard de mésialisation du trou occipital et un temporal en rotation interne. La suture médio incisive va libérer la croissance du prémaxillaire (évolution vers une proalvéolie incisive supérieure). Les cavités glénoïdes sont plus écartées et se retrouvent dans une position plus postérieure et par conséquent les ATM positionnées en retrait vont prédisposer au retrait global de la mandibule. (Fig.49)<sup>(203)</sup>

Les relations anatomiques étroites que la base du crâne entretient avec le maxillaire, par sa partie antérieure et la mandibule, par sa partie postérieure, expliquent l'influence de sa morphologie sur le décalage maxillomandibulaire.

\_ Ces variations morphologiques de la base du crâne sont le plus souvent héréditaires, bien que des facteurs fonctionnels comme la posture céphalique puissent intervenir aussi.

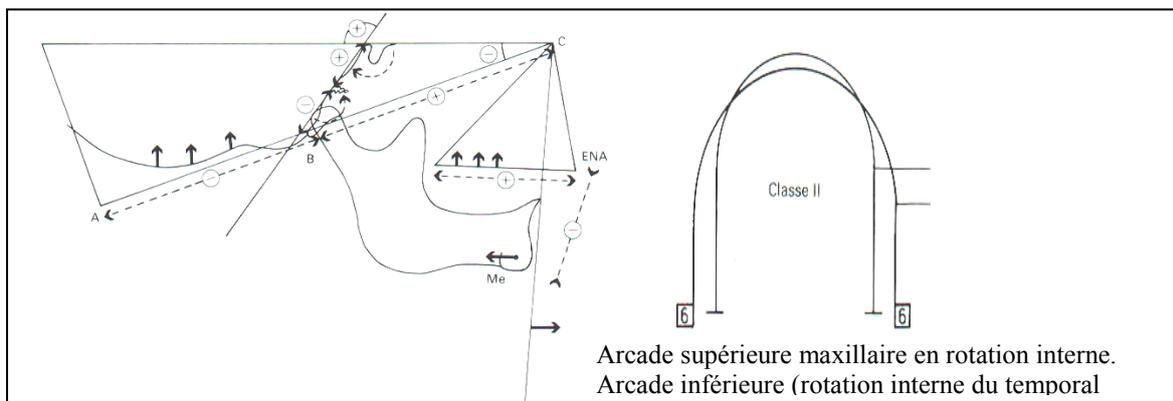


Fig. 49 : Tableau en extension de la SSO favorisant l'établissement de la classe II<sup>(204)</sup>

Les facteurs de prédisposition maxillaire des Classes II squelettiques sont : l'allongement du champ frontal, la rotation antérieure du pilier maxillaire antérieur, l'allongement vertical du maxillaire, l'abaissement du plan d'occlusion et l'allongement de la base palatine.

Les facteurs de prédisposition mandibulaire des Classes II squelettiques sont : la brachyramie constitutionnelle et fonctionnelle, la bascule postérieure du ramus, le raccourcissement du corpus, l'ouverture ou la fermeture de l'angle mandibulaire, ainsi que la position trop reculée des cavités glénoïdes.

Ces facteurs architecturaux ne sont jamais isolés et peuvent s'aggraver ou se compenser mutuellement, ceci explique la multiplicité des variétés anatomo-cliniques des classe II.<sup>(201)</sup>

#### **4.2.1.1.2. Anomalies affectant le condyle mandibulaire**

Dans certaines anomalies héréditaires ou congénitales, comme les syndromes du premier arc, le potentiel de croissance du condyle est perturbé, induisant dans les formes bilatérales, des rétrognathie mandibulaires sévères, avec un profil fortement fuyant. De même, des atteintes condyliennes acquises, traumatiques, infectieuses, ou inflammatoires, peuvent affecter sévèrement le potentiel de croissance de la mandibule.<sup>(205)</sup>

#### **4.2.1.1.3. Dysharmonie de croissance avec insuffisance du potentiel de croissance mandibulaire**

Comme dans le cas précédent, mais à un degré moindre, l'insuffisance de croissance antéropostérieure de la mandibule ne permet pas de rattraper le décalage maxillomandibulaire initial. Elle peut être due au potentiel de croissance insuffisant de la mandibule, ou à une direction de croissance verticale défavorable.<sup>(206)</sup>

Ainsi pour Bjork les rotations postérieures, dont la résultante de croissance est plutôt verticale et de faible potentiel de croissance condylienne, sont défavorables dans les classes II squelettiques (Fig.50-A).<sup>(173)</sup>

Delaire utilise aussi la morphologie mandibulaire afin d'évaluer le potentiel de croissance qu'il différencie bien de la direction de croissance. La figure (50-B) reprend les signes d'un potentiel auxologique insuffisant, défavorable dans les classes II.

Ces différentes étiologies, décrites ci-dessus, sont d'un pronostic plutôt défavorable, car l'importance du décalage induit, ou l'insuffisance du potentiel de croissance de la mandibule ne lui permettent pas de compenser le décalage sagittal existant avec le maxillaire.

### **4.2.2.Étiologies fonctionnelles**

De nombreuses classes II division 1 ont une étiologie principalement fonctionnelle. Diverses dysfonctions et para-fonctions peuvent contribuer à leur apparition et à leur aggravation.

Sans reprendre ici leur rôle dysmorphogénétique, il faut rappeler les points suivants :

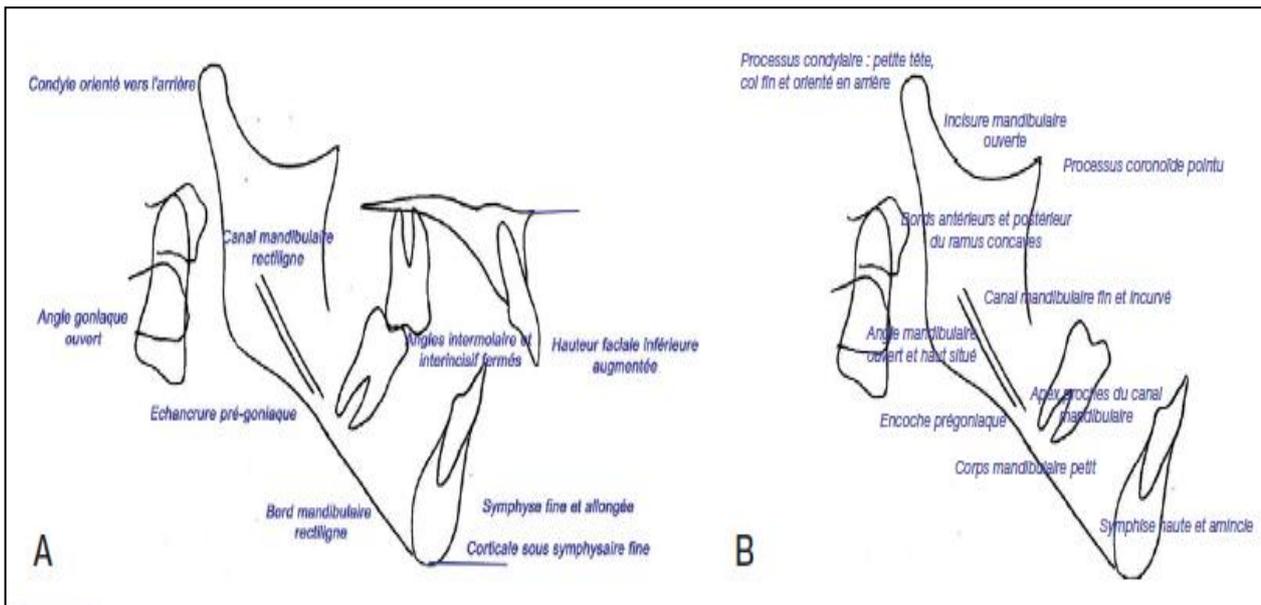


Fig.50 : Morphologie mandibulaire et signes prédictifs d'un potentiel auxologique insuffisant selon Delaire.<sup>(205)</sup>

#### 4.2.2.1. Troubles de la respiration

Elle intervient selon Boileau<sup>(203)</sup> par différents mécanismes :

- \_ L'adaptation céphalique en extension, favorise l'ouverture de l'angle de la base du crâne et la rotation postérieure de la mandibule.
- \_ La position basse de la langue et la réduction des sollicitations ventilatoires au niveau de l'étage nasal induisent un hypodéveloppement transversal du maxillaire, qui secondairement limite la croissance antéropostérieure de la mandibule.
- \_ L'innocclusion labiale par rupture du contact bilabial, supprime des informations extéroceptives et proprioceptives nécessaires, selon Deffez <sup>[in (203)]</sup> au positionnement sagittal de la mandibule, au repos et lors de la déglutition ,ainsi qu'à sa croissance.

#### 4.2.2.2. Troubles de la mastication

L'insuffisance de mastication contribue à l'hypo développement transversal du maxillaire et réduit les sollicitations de la croissance antéropostérieure de la mandibule. Kolf<sup>(203)</sup> constate ainsi dans les classes II division 1 une réduction de la composante propulsive des mouvements de latérodiduction, réduisant ainsi les stimuli de croissance sagittale des condyles mandibulaires<sup>(203)</sup>

#### **4.2.2.3. Déglutition atypique et troubles de succion**

La pulsion linguale antérieure lors de la déglutition tend à augmenter la croissance du maxillaire vers l'avant et contribue largement à l'allongement de l'arcade maxillaire, ainsi qu'à la réduction de son diamètre transversal. La succion digitale provoque une bascule du plan palatin vers le haut et l'avant, une forte réduction du développement transversal et un allongement de l'arcade maxillaire <sup>(205)</sup>

#### **4.2.2.4. Déséquilibres labiolinguaux**

Une hypotonie de la lèvre supérieure entraîne une proversion des incisives maxillaires, de même qu'une hyperactivité de la lèvre inférieure induit une rétroalvéolie mandibulaire aggravant le surplomb.

#### **4.2.2.5. Verrous occlusaux**

Certaines conditions occlusales limitent les possibilités de déplacements mandibulaires vers l'avant, freinant ainsi l'expression du potentiel de croissance. Ce sont principalement :

- La supraclusion incisive : au blocage mécanique qu'elle constitue s'ajoute, surtout lorsque les incisives mandibulaires sont en contact avec la muqueuse palatine, une composante réflexe d'évitement de ce contact, qui tend à ramener la mandibule en arrière.
- Les endo-alvéolies maxillaires et les mésio-rotations des premières molaires supérieures fréquentes dans cette malocclusion, peuvent participer au verrouillage de la mandibule <sup>(205)</sup>

### **4.3. Séméiologie clinique des classes II division 1**

Comme nous l'avons déjà signalé, le tableau clinique de cette malocclusion est très variable d'un sujet à l'autre selon les formes cliniques, les dysfonctions et les anomalies, associées.

Nous nous intéresserons dans ce travail à décrire la classe II division 1 par rétromandibulie, qui en plus d'être la plus fréquente des formes rencontrées, constitue l'anomalie ciblée par notre étude.

Le diagnostic des classe II par rétromandibulie est fréquemment porté dès que le patient pénètre en consultation, il s'agit d'un patient au profil fuyant, incisives supérieures

apparentes, ou dissimulées par une forte contraction labiale. Ces signes seront complétés par un interrogatoire rigoureux du patient et de ses parents, à la recherche de tics de succion ou de parafunctions.

### **4.3.1. Examen clinique exobuccal**

La classe II division 1 par rétromandibulie se révèle essentiellement à l'examen clinique de profil. Les points essentiels à retenir sont :

- La convexité faciale, qui est le signe pathognomonique des classes II squelettiques.
- Le profil sous-nasal, fortement oblique en bas et en arrière, peut être convexe ou plat et fuyant, avec un menton le plus souvent rétrusif. La situation de la lèvre supérieure et du menton par rapport aux plans frontaux permet d'évaluer l'importance du décalage, mais donne aussi une indication sur son origine maxillaire ou mandibulaire.

\_ La distance cervico-mentonnaire : elle complète l'analyse de la position du menton dans le visage. Elle est diminuée dans les classes II par rétrognathie mandibulaire. Cette réduction est aggravée par l'hyperdivergence mandibulaire.

L'examen clinique doit rechercher tous les signes de dysmorphoses verticales associées (hypo- ou hyperdivergence mandibulaires) pour leur impact sur l'étiologie de la classe II, son évolution et son traitement.

Pour Kolf<sup>(203)</sup>, face à une hyperdivergence mandibulaire, l'augmentation de l'étage inférieur de la face antérieure doit évoquer plutôt une étiologie fonctionnelle ventilatoire, alors que la réduction de la hauteur faciale postérieure serait une indication de malformation avec, un risque de faible potentiel de croissance mandibulaire.

L'examen exobuccal de face confirme cette analyse verticale et évalue la symétrie du patient. Le sourire est perturbé par la projection des incisives et l'étroitesse de l'arcade maxillaire.

### **4.3.2. Examen clinique endobuccal**

L'arcade maxillaire est souvent allongée, étroite, surtout dans sa partie antérieure. Cette insuffisance de développement transversal peut concerner l'arcade mais aussi dans certains cas la base maxillaire, l'arcade mandibulaire : en forme de U, elle est souvent courte.

Pour les relations occlusales(*Fig51*) :

Ce sont des relations de classe II plus ou moins sévères selon les cas. Le décalage sagittal doit être quantifié :

- **Au niveau des premières molaires**, en précisant aussi la part de mésio-rotation de la molaire dans le décalage observé, et leur inclinaison mésio-distale.
- **Au niveau des canines**, où la classe II canine est souvent plus sévère que la classe II molaire en relation avec une courbe de Spee accentuée.
- **Au niveau des incisives**, où la comparaison du surplomb avec le décalage molaire et l'inclinaison axiale des incisives maxillaires et mandibulaires mettent en évidence l'existence ou non de compensations alvéolaires antérieures et leur importance.

Les relations transversales et verticales sont extrêmement variées, voir même parfois complètement opposées, ainsi dans le sens vertical nous pouvons avoir ; soit une béance, ou une supraclusion incisive. (Fig.52)

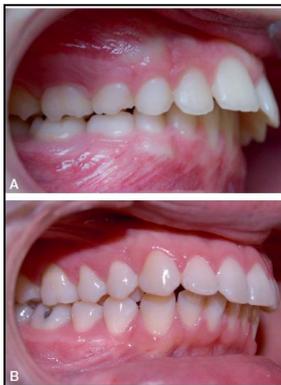


Fig.51 : Relations occlusales de classe II division 1 en denture mixte et adolescente<sup>(205)</sup>

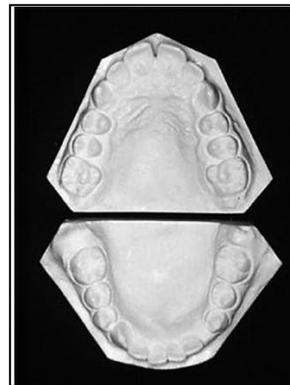


Fig.52 : Discordance de forme entre les arcades maxillaire en V et mandibulaire arrondie<sup>(205)</sup>

### 4.3.3. Examen clinique musculaire et fonctionnel

Les caractéristiques musculaires dans les classes II division 1 sont très variables selon les individus, et en fonction de la typologie squelettique associée. La musculature élévatrice est ainsi plus développée et plus puissante chez les sujets hypodivergents que chez les hyperdivergents.

À divergence égale cependant, on constate que les patients présentant une classe II division 1 ont une musculature élévatrice moins efficace et moins puissante que ceux en classe I. Pancherz, Bakke, ainsi que d'autres auteurs citées par Boileau,<sup>(206)</sup> notent un déséquilibre entre les masséters et les temporaux en faveur de ces derniers.

De plus, certains auteurs, tels que Moyers et Pancherz<sup>in(206)</sup> enregistrent dans les classes II une augmentation de l'activité posturale du temporal postérieur. Ingervall et Bitsanis<sup>(206)</sup> observent au repos une augmentation de l'activité des sus-hyoïdiens. Cette activité importante des rétropulseurs contribue à la position rétrusive, et au déficit de croissance sagittale de la mandibule.

L'examen fonctionnel met en évidence aussi un sérieux déséquilibre labiolingual, ainsi que la présence et la sévérité des dysfonctions ou parafunctions déjà décrites comme étiologies de cette malocclusion.

#### **4.3.4. Analyses céphalométriques**

Tous les signes cliniques précédemment cités, ne permettent pas de définir précisément le siège de l'anomalie avec certitude : maxillaire, mandibulaire, ou mixte, ni de préciser, ou de quantifier ce décalage. Seul l'examen céphalométrique permettra de poser un diagnostic précis.

La classe II squelettique, associée à la majorité des classes II division 1, sont révélées par l'augmentation<sup>(152)</sup> :

- De l'angle ANB et des distances AoBo.
- De la convexité faciale.

Les participations respectives du maxillaire et de la mandibule au décalage antéropostérieur sont évaluées grâce à l'augmentation de l'angle SNA (profondeur maxillaire, longueur maxillaire) en cas de prognathie maxillaire ou à la réduction de l'angle SNB et des dimensions mandibulaires en cas de rétrognathie mandibulaire.

La morphologie basicrânienne et sa contribution à la classe II peuvent être évaluées notamment par :

- La diminution de la déflexion crânienne.
- L'augmentation de la longueur crânienne antérieure CC–Na.
- L'ouverture de l'angle BaSNa.

Les relations dento-squelettiques : les analyses confirment l'importance de la proalvéolie maxillaire (I/F) et évaluent la rétro- alvéolie ou la proalvéolie mandibulaire associée par l'angle(IMPA). Elles permettent aussi d'observer, et de quantifier l'orientation en bas et en avant du plan d'occlusion.(Fig.53)

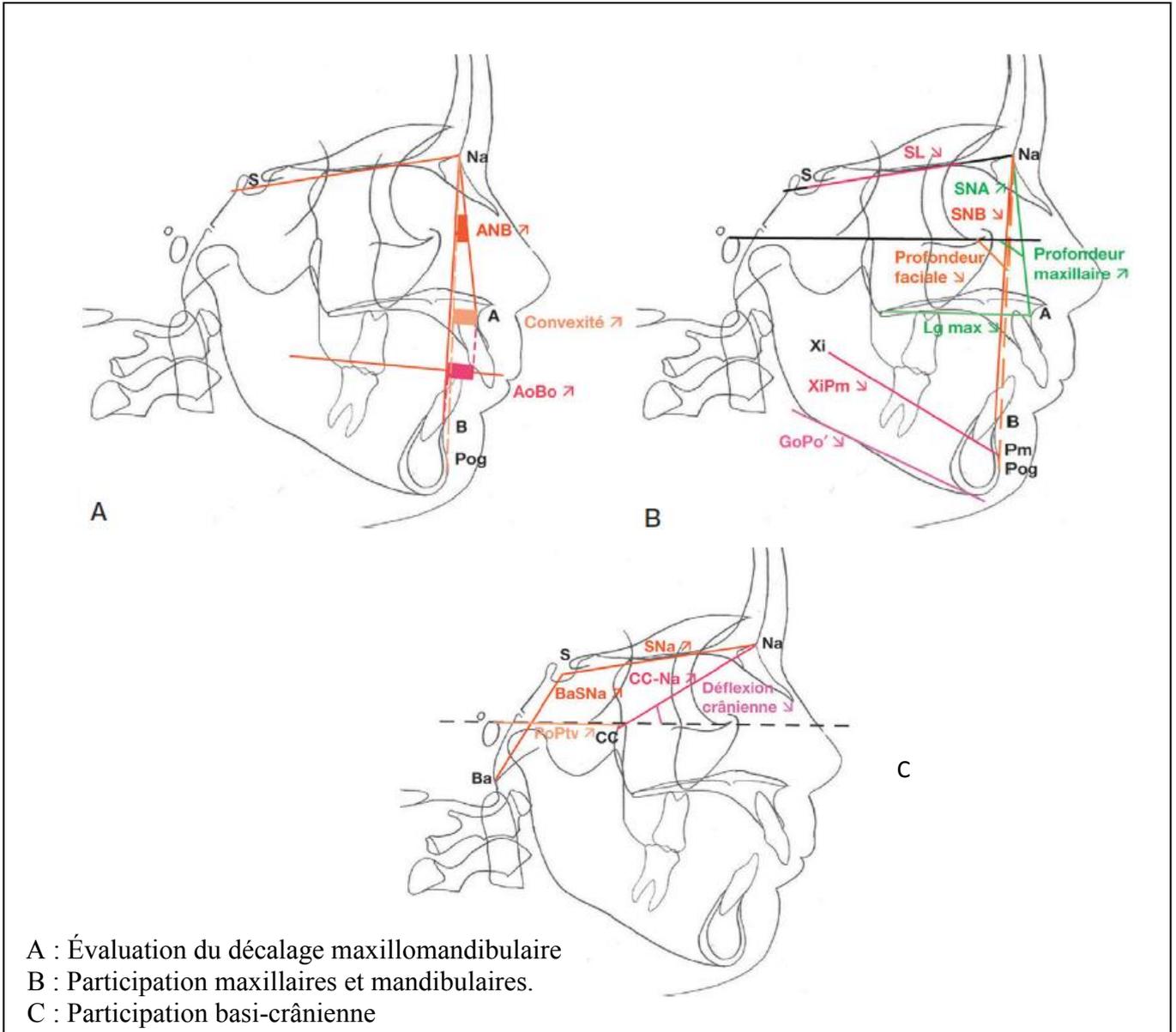


Fig.53 : Principales mesures céphalométriques utilisées pour le diagnostic des classes II<sup>(205)</sup>

#### 4.4. Spécificités évolutives des classes II division 1

L'évolution spontanée des malocclusions de classes II division 1 est très variable en fonction : du type de croissance, de la quantité de croissance résiduelle et de la réhabilitation des dysfonctions associées.

En outre, à côté des risques parodontaux, liés au contact dentomuqueux entre les incisives mandibulaires et la région rétro- incisive maxillaire en cas de supraclusion et de surplomb

marqués, les malocclusions de classe II division 1 présentent deux risques évolutifs importants :

\_ Le risque de lésion des incisives maxillaires en cas de traumatisme : il augmente avec l'amplitude du surplomb. Selon la méta- analyse de Nguyen et al<sup>(207)</sup> les sujets présentant un surplomb supérieur à 3 mm, ont environ deux fois plus de risque d'atteinte des incisives maxillaires que ceux dont le surplomb est inférieur .

\_ Le risque de syndrome d'apnées hypopnées obstructives du sommeil (SAHOS) : la rétrognathie mandibulaire est un facteur prédisposant au SAHOS. La mandibule trop distale n'offre pas un amarrage suffisant à la langue, qui en position de décubitus, ou en cas de baisse du tonus musculaire peut basculer vers l'arrière.<sup>(206)</sup>

## **5. Traitement des Classes II**

### **5.1. Traitement des Classes II et propulseurs fixes**

La thérapeutique fonctionnelle trouve son origine en orthopédie générale dans les idées de Roux, qui avancent l'hypothèse d'une relation étroite entre la forme et la fonction des organes et du squelette.

Selon Roux<sup>in(208)</sup> l'orthopédie fonctionnelle a pour objectif de corriger les déviations fonctionnelles. En orthopédie dento-faciale, les malocclusions de classe II sont généralement corrélées à une rétromandibulie plutôt qu'à une promaxillie. C'est pourquoi l'objectif de nos thérapeutiques est de stimuler la croissance mandibulaire. Les thérapeutiques existantes sont nombreuses et diverses, mais s'appuient en général sur un même principe : faire réaliser au patient une propulsion forcée, afin de décompresser les condyles mandibulaires et ainsi stimuler la croissance des cartilages condyliens.

Depuis les années 1880, les orthodontistes tentent dans les cas de classes II de repositionner vers l'avant une mâchoire trop reculée. Angle parle de « Jumping the bite ». Ruf<sup>(209)</sup> définit ce terme par un changement dans la relation sagittale intermaxillaire par déplacement antérieur de la mandibule.

#### **5.1.1. Historique**

On retrace l'histoire des propulseurs myofonctionnels dès 1877 où Norman Kingsley fut le premier à parler de « Jumping the bite » ou saut de l'occlusion par l'utilisation d'un système

comportant une plaque supérieure en vulcanite, ligaturée sur les dents, jour et nuit et munie d'un plan incliné obligeant la mandibule à propulser. De cette manière, il pensait agir sur la croissance de la mandibule. Il inspira alors le Dr Pierre Robin qui a créé le premier appareil amovible myofonctionnel ; le monobloc. Cependant, « l'activator », de Viggo Andresen, fut le premier appareil myofonctionnel accepté dans la communauté orthodontique. Il deviendra alors un traitement culte en Europe.

Les appareils myofonctionnels ont été développés et utilisés principalement en Europe avant de faire leur apparition aux USA, où on suivait plutôt la doctrine des appareils fixes du Dr Edward Angle.

En 1909, lors du cinquième congrès international des médecins dentistes à Berlin, le Dr Emil Herbst présente pour la première fois son propulseur à bielles fixe : il est composé de bielles soudées sur un système fixe comportant quatre bagues à l'arcade maxillaire et deux bagues à l'arcade mandibulaire.

Il publie après une série d'articles relatant son expérience à propos de son appareil : il bloque la mandibule en propulsion constante et estime déjà que la croissance condylienne peut être stimulée. Il recommande son utilisation dans les classes II avec rétrognathie mandibulaire. Pour des raisons pratiques et biologiques, cette méthode fut progressivement abandonnée et son appareil resta dans un état de semi obscurité jusqu'à la fin des années 70

Une ascension majeure dans l'usage des appareils myofonctionnels fut notée, aux États-Unis, suite à la publication des travaux sur la croissance mandibulaire de Charlier, Petrovic,<sup>(210)</sup> Stockli et Willert<sup>(211)</sup> et McNamara<sup>(15)</sup>, qui relancent l'utilisation des bielles de Herbst. Mais c'est Hans Pancherz qui redonne une seconde vie à ce dispositif en simplifiant son utilisation clinique et en publiant de nombreux travaux.

Cet appareil connaît un regain d'intérêt aux États-Unis grâce aux travaux de Goodman,<sup>(212)</sup> Howe, McNamara, mais aussi en Suisse par Wieslander<sup>(109)</sup>, Pfeiffer et Grobety<sup>(213)</sup>. En France, Gandet, Armoric et Bonnet décrivent les bielles de Herbst sur gouttière thermoformée.<sup>(214)</sup>

Les appareils myofonctionnels de correction de classe II existent sous formes fixe et/ou amovible. De nombreux modèles furent développés et modifiés au cours des années<sup>(215)</sup>.

## **5.1.2. Les propulseurs fixes de classe II**

Ces appareils ont été introduits par Herbst<sup>(53)</sup> pour corriger les classes II, sans dépendre de la coopération du patient, ce qui leur a même valu le titre de « correcteurs de classe II sans compliance ». Ils sont tous basés sur le même concept, qui est de forcer la mandibule dans une position plus antérieure afin de stimuler la croissance squelettique<sup>(54)</sup>.

### **5.1.2.1. Classification des dispositifs de propulsion fonctionnels fixes**

En 2001, Ritto<sup>(216)</sup> établit une classification distinguant trois catégories d'appareils fixes fonctionnels selon le système de forces utilisées. Ainsi, les appareils sont regroupés en : flexibles, rigides et semi-rigides, ou hybrides.

#### ***1.1.2.1.1. Appareils fonctionnels fixes flexibles (Flexible Fixed Functional Appliances ou FFFA)***

Les appareils flexibles sont décrits comme étant constitués d'un ressort hélicoïdal intermaxillaire ou d'un ressort fixe. L'élasticité et la flexibilité sont typiques de ces appareils. Ils permettent un mouvement mandibulaire libre satisfaisant, le guidage latéral étant facilement réalisé. La quantité de force varie et peut être contrôlée par le clinicien. Leur inconvénient majeur est la probabilité de fractures à la fois de l'appareil et du système de soutien (en particulier à la mandibule).

Nous retrouvons dans cette catégorie :

1. Jasper Jumper
2. Adjustable Bite Corrector
3. Churro Jumper
4. Amoric Torsion Coils
5. Scandee Tubular Jumper
6. Klapper Super Spring
7. Bite Fixer

#### ***1.1.2.1.2. Appareils fonctionnels fixes rigides (Rigid Fixed Functional Appliances ou RFFA)*** utilisés en une seule phase

Ces appareils sont différents des appareils flexibles en deux points : ils ne se fracturent pas facilement, mais ils ne sont ni élastiques ni flexibles ; après l'ajustement et l'activation, ils ne permettent pas au patient de mordre en intercuspidation maximale comme d'habitude. Cela signifie que la mandibule est en position avancée 24 heures/24, ce qui stimule davantage la croissance. Les effets squelettiques produits par cet appareil sont plus importants que ceux produits par les flexibles. Ils sont bien décrits dans la littérature et seront discutés plus loin dans notre travail.

Nous retrouvons dans cette catégorie :

1) Bielles de Herbst 2) Cantilevered Bite Jumper 3) MALU Herbst Appliance 4) Flip-Lock Herbst Appliance 5) Ventral Telescope 6) Magnetic Telescopic Device 7) Mandibular Protraction Appliance 8) Universal Bite Jumper 9) BioPedic Appliance 10) Mandibular Anterior Repositioning Appliance 11) IST – Appliance 12) Ritto Appliance.

### ***1.1.2.1.3. Appareils fixes hybrides (Hybrid Fixed Functional Appliances ou HFFA)***

Les appareils hybrides sont une combinaison d'appareils flexibles et rigides. Ce sont des appareils rigides avec des systèmes à ressort. Le but de ces appareils est de déplacer les dents en appliquant une force élastique continue 24 h /24. Cela remplace les élastiques conventionnels de classe II. L'utilisation de ressorts ouverts pour produire de la force est typique de ce type d'appareil. La force produite varie de 150 à 260g. Le propulseur fixe utilisé dans notre étude fait partie de cette catégorie.

Nous retrouvons :

1. Eureka Spring 2. Forsus-Fatigue Resistant Device 3. Twin Force Bite Corrector  
4. Alpern Class II Closers . Calibrated Force Module 6. Power Scope 7. Advansync.

Cette classification rend compte de la grande diversité des propulseurs fonctionnels fixes de classes II et de la difficulté au quelle est confronté le clinicien quant au choix du dispositif le plus efficace dans la correction des anomalies de classe II.

Une étude menée en 2006 par Schrodlt et al<sup>(217)</sup> citée par Pancherz a recensé 53 propulseurs fixes (Herbst +52 dérivés). Parmi ces 53 , seuls six (11%) ont fait l'objet d'études scientifiques fondées (*Fig54*), à savoir :

- Herbst appliance ( Pancherz<sup>(70)</sup>)
- Jasper jumper (Cope et al<sup>(218)</sup>. Weiland et al<sup>(219)</sup>, Covel et all.<sup>(57)</sup> Karacay et all<sup>(7)</sup>).
- Forsus nitinol spring(Heinig and Goz<sup>(54)</sup>, Karacay<sup>(7)</sup>)
- Eureka spring(Stromeyer et al.<sup>(220)</sup>)
- MARA(Pangrazio-kulbersh<sup>(221)</sup>)
- FMA(Kinzinger and Diedrish.<sup>(222)</sup>)

Les résultats de ces recherches sont décrits dans la (*Fig.55*). On note la grande différence quant à l'action squelettique (de 7 à 47%) et dentaire de (53 à 93%) de ces dispositifs.

Parmi ces six dispositifs de propulsion fixes, seul le Forsus FFRD est disponible sur le marché algérien. En effet, au moment ou nous avons débuté notre étude, seuls deux types de

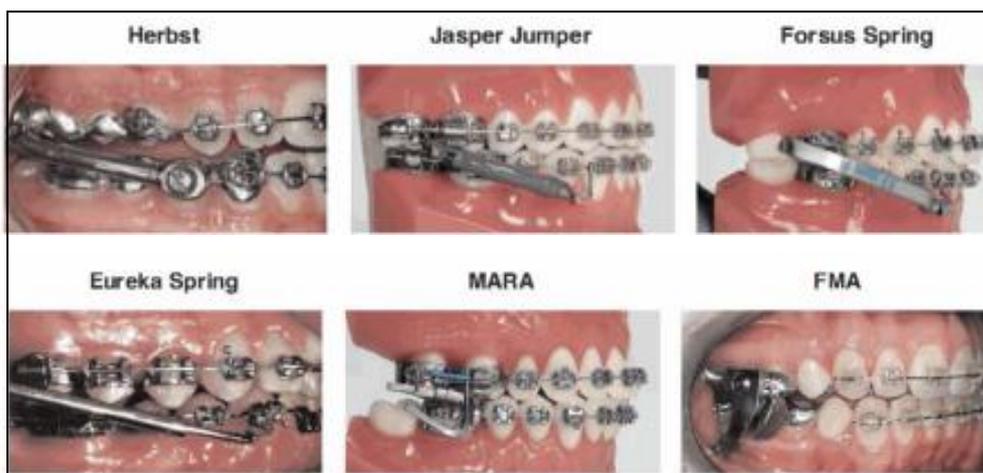


Fig. 54 : Les bielles de Herbst et quelques propulseurs fixes dérivés<sup>(223)</sup>

propulseurs fixes étaient disponibles à savoir ; le Forsus Fatigue Resistant Device FFRD (3M), et le correcteur de classe II (Leone). Seulement ce dernier n’as pas fait l’objet d’étude fondée retrouvée dans nos lectures, de plus il était disponible uniquement en une seule dimension « court ». Notre choix s’est donc automatiquement fait sur le Forsus Fatigue Resistant Device. Nous déclarons également n’avoir aucun intérêt commercial ou tout autre conflit d’intérêts quant au choix de ce dispositif.

Nous limiterons dans ce chapitre, notre description uniquement à l’appareil de Herbst qui est à l’origine de tous les dispositifs de propulsions fixes utilisés aujourd’hui et de loin le plus populaire. Ainsi qu’au Forsus Fatigue FFRD utilisé dans notre étude. Nous décrirons dans le chapitre suivant l’utilisation des élastiques inter maxillaires dans le traitement des cl II.

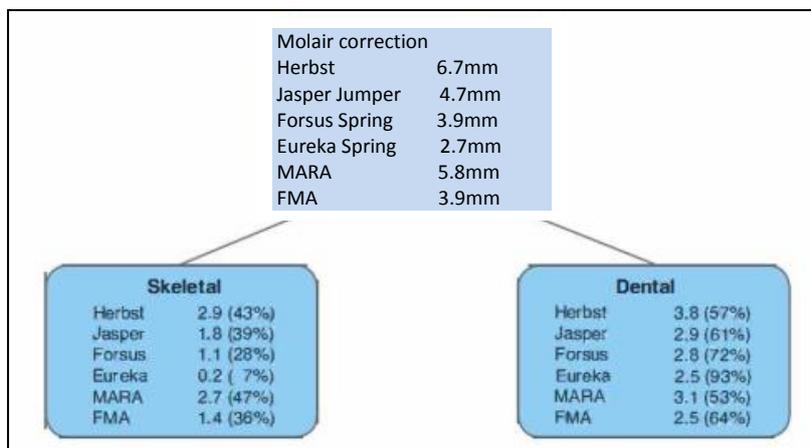


Fig55 : Contribution squelettiques et dentaires dans la correction des classe II par propulseurs fixes<sup>(223)</sup>.

### **1.1.3. Fonctionnement des appareils myofonctionnels fixes**

Les appareils fonctionnels orthopédiques sont recommandés dans la correction des malocclusions de classe II squelettiques. Ils peuvent être amovibles (Bielles de Herbst sur gouttière, Twin-Block, Fränkel), ou fixes (Herbst, MARA). Les appareils fonctionnels sont communément utilisés pour le traitement des classes II durant la croissance pubertaire.

L'objectif premier de ces propulseurs fonctionnels fixes 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.

Le mouvement de propulsion mandibulaire est réalisé grâce à l'action des muscles ptérygoïdiens latéraux, par leurs chefs inférieurs, des faisceaux superficiels des masséters, des muscles temporaux antérieurs et enfin des muscles ptérygoïdiens médians.

Les appareils myofonctionnels, fixes et/ou amovibles, altèrent la position de la mandibule, dans les plans sagittal et vertical, afin d'induire un allongement de la mandibule par stimulation de la croissance au niveau du cartilage condylien. En 1985, Woodside<sup>(123)</sup> grâce à ses recherches, admet que le mode d'action précis des appareils myofonctionnels demeure obscur. Il retient quelques théories prises seules, ou en combinaison afin d'expliquer la réduction du décalage squelettique entre les deux mâchoires.

## **1. Changements dento-alvéolaires**

Harvold<sup>(88)</sup> ainsi que d'autres chercheurs, parlent de l'importance de la manipulation verticale du plan occlusal fonctionnel dans la correction d'une classe II avec les appareils myofonctionnels. On prévient l'éruption des segments buccaux maxillaires, qui normalement se dirigent dans une direction antérieure et inférieure.

## **2. Restriction du tiers moyen de la face**

Il a été démontré qu'un important facteur dans la correction d'une malocclusion de classe II, soit la restriction de la croissance antérieure du maxillaire<sup>(224)</sup>

## **3. Induction de la croissance mandibulaire**

Woodside<sup>(192)</sup> fait une différence entre les appareils portés de façon intermittente et ceux

portés de façon continue. Les appareils amovibles, de type *activator*, portés surtout la nuit, produisent des changements intermittents dans la relation fosse glénoïde-condyle. Les études contrôlées avec l'usage de ce type de traitement n'ont pu démontrer une croissance significative de la longueur mandibulaire.

Cependant, Pancherz<sup>(70)</sup> rapporte des changements de la longueur mandibulaire lorsqu'un appareil fixe comme le *Herbst* est utilisé. Les études histologiques effectuées chez les animaux démontrent des changements prolifératifs au niveau du cartilage condylien, lorsque les appareils sont portés de façon continue<sup>(105,168)</sup>

#### **4. Redirection de la croissance condylienne**

Plusieurs études suggèrent une redirection plus favorable de la croissance condylienne.<sup>(225,226)</sup>

#### **5. Déflexion de la forme du ramus**

Les études chez les animaux<sup>(226)</sup> et les êtres humains<sup>(227)</sup> faisant usage d'appareils fonctionnels, ont démontré des changements au niveau de l'angle goniale. Les modifications sont possiblement dues à un remodelage osseux, en réponse à l'activité différente au niveau de la sangle masséter-ptérygoïdien interne.

#### **6. Changements neuromusculaires**

Petrovic et ses collaborateurs ont observé qu'une activité augmentée du muscle ptérygoïdien latéral stimulerait la prolifération des tissus condyliens<sup>(142)</sup>. Cependant, des études menées à l'université de Toronto ont démontré une activité réduite du ptérygoïdien latéral lors de l'utilisation d'un appareil fonctionnel et ce jusqu'à 18 semaines post-insertion.<sup>(123)</sup>

#### **7. Changement adaptatif de la localisation de la fosse glénoïde**

Chez les animaux, suite au positionnement en protrusion de la mandibule, il a été démontré que la fosse glénoïde pouvait se remodeler et se relocaliser<sup>(211)</sup>. À ce jour, les effets notés chez les humains sont plutôt équivoques et controversés.<sup>(225)</sup>

#### 1.1.4. Moment du traitement

La période de croissance pendant laquelle les sujets sont traités (un an avant, pendant ou après le pic de croissance) ne semble pas avoir une influence significative sur les résultats dentaires et squelettiques obtenus à long terme.

Pancherz recommande un traitement en denture permanente, juste après le pic de croissance pubertaire (stade MP3-U) afin de favoriser la stabilité occlusale, par l'intercuspidation des cuspidés et de réduire le temps de la contention.

Nanda<sup>(228)</sup> cite une étude menée en 2003 sur 50 patients pour déterminer le meilleur moment possible pour utiliser des propulseurs fixes semi-rigides. Les patients ont été divisés en deux groupes : pré pubères et post pubères, basé sur la maturité squelettique au début du traitement. Les résultats de l'étude ont démontré que même s'il pouvait y avoir des différences entre les deux groupes en matière de durée de traitement en faveur du groupe post pubertaire, les résultats finaux étaient remarquablement similaires.<sup>(229)</sup>

Cela fait de la phase post pubère la phase préférée pour l'intervention de classe II avec ce type de dispositifs.

De plus, Cozza<sup>(230)</sup> dans sa revue systématique rapporte plusieurs études<sup>(73,231)</sup> où il est possible d'observer qu'à court terme le montant de croissance mandibulaire supplémentaire semble significativement plus important, lorsque le traitement myofonctionnel est fait lors du pic de croissance pubertaire.

Aras<sup>(232)</sup> et ses collaborateurs avaient réalisé des radiographies céphalométriques latérales de patients pendant le pic de croissance pubertaire (groupe pic pubertaire) et vers la fin de la période de croissance pubertaire (groupe pubertaire tardif). Les résultats ont montré des différences de groupe statistiquement significatives dans la longueur mandibulaire et la longueur de la branche montante, avec des augmentations significatives de ces paramètres dans le groupe pubertaire tardif. Aucune différence significative n'a été observée entre les groupes concernant les paramètres dentaires, à l'exception des mouvements verticaux des molaires mandibulaires, qui étaient significativement plus importants dans le groupe pic pubertaire. L'analyse des images de résonance magnétique n'a montré aucun changement de position du condyle mandibulaire par rapport à la fosse glénoïde dans les deux groupes.

Borges et al en 2014<sup>(233)</sup> ont évalué des patients dont l'âge moyen initial était de 9 ans à l'aide de coupe 3D et qui ont été soumis à un traitement avec l'appareil Herbst. Les auteurs ont

constaté que le remodelage de la région articulaire de l'ATM était insignifiant et inférieur à 1 mm. Il n'y avait aucun stimulus pour la croissance mandibulaire fourni par l'appareil à cet âge. Plus récemment Souki et al<sup>(234)</sup> en 2017 ont évalué des patients âgés de 12 à 16 ans à l'aide de coupes 3D et ont constaté qu'un déplacement vers l'avant significatif de la mandibule était obtenu à la suite d'un remodelage osseux accru dans les condyles et les rami, par rapport à un groupe témoin. De plus, des changements 3D de direction et de degré de croissance condylienne ont été observés chez les patients traités avec l'appareil Herbst.

### **1.1.5. Indications**

La principale indication des propulseurs fixes est de stimuler la croissance mandibulaire chez des patients en cours de croissance, présentant une malocclusion de classe II squelettique par rétrognathie mandibulaire, associée ou non à une prognathie maxillaire (classe II division 1 ou classe II division 2 préalablement transformée en classe II division 1).

Il est cependant préférable que les incisives inférieures soit légèrement linguo-versées en raison de la perte d'ancrage engendrée par le système.

Actuellement avec l'utilisation des minivis inter ou extra radiculaires, on peut pallier à cet effet. Les appareils myofonctionnels de propulsion fixes présentent les mêmes indications que leurs homologues amovibles. Ils sont cependant moins contre-indiqués en présence d'une tendance à l'hyperdivergence, ou en présence de patient non coopérant

Pancherz nous propose d'autres indications<sup>(70)</sup> :

- Patient hypo divergent avec un engrenement dentaire profond, une courbe de spee très marquée, présentant une classe II complète.
- Patient hyperdivergent en denture permanente présentant une classe II complète, avec un encombrement marqué et quand les extractions de prémolaires ne sont pas suffisantes pour corriger le problème sagittal.
- Patient présentant des troubles de la respiration, ne pouvant pas porter un appareil amovible pendant le sommeil.
- Patient non coopérant.
- Distalisation des molaires maxillaires dans les corrections de la relation molaire dentaire de classe II.
- Peut être utilisé pour améliorer l'ancrage dans les cas d'extraction.

- Comme ancrage pour la fermeture de l'espace avec mésialisation des dents postérieures en cas d'agénésie des secondes prémolaires mandibulaires ou d'extraction des premières molaires mandibulaires.
- Conditionnement musculaire préchirurgical des patients de classe II.
- Stabilisation post-chirurgicale de classe II.
- Correction des décalages fonctionnels de la ligne médiane en utilisant un appareil unilatéral (classe II subdivision)
- Patients ayant dépassé le pic de croissance, mais trop âgés pour un appareil fonctionnel amovible nécessitant un traitement d'une durée de 2 à 4 ans. En effet Sarnas, Pancherz et Paulsen<sup>(231)</sup> rapportent dans plusieurs études sur des patient ayant dépassé le pic de croissance, présentant une asymétrie faciale et traités à l'aide de l'appareil de Herbst, que l'appareil entraîne un rattrapage différentiel de la croissance des ATM et des condyles<sup>(235)</sup>, permettant de corriger l'asymétrie de la face et l'occlusion sagittale.

#### **1.1.6. Contre-indications**

L'inconvénient principal de ces dispositifs est qu'ils provoquent une contraction réflexe des muscles rétropulseurs de la mandibule<sup>(8)</sup> et sont à l'origine d'effets secondaires non souhaités. Ces effets secondaires se manifestent notamment par des compensations dento-alvéolaires. L'effet majeur observé est la vestibuloversion des incisives mandibulaires. Dans les cas où elle n'est pas souhaitée (axes incisifs corrects ou déjà vestibuloversés, parodonte fin, fenestrations osseuses, récessions parodontales), cette vestibuloversion impacte directement nos thérapeutiques. En effet, la partie du surplomb consommée par la compensation ne sera pas utilisée pour corriger le décalage squelettique. Selon Lautrou<sup>(9)</sup> la meilleure garantie pour obtenir une bonne réponse squelettique est de maîtriser la version des incisives. Pour lui, la récurrence des cas traités par ces dispositifs se manifeste lorsque la réponse squelettique est faible et les compensations dento-alvéolaires fortes.

Nous pouvons résumer les principales contre indications des propulseurs fixes de classe II :

- Patients avec une forte hyperdivergence.
- Patients avec un sourire gingival marqué.
- Patients ayant des problèmes parodontaux.
- Patients ayant une gencive fine dans la région antérieure mandibulaire.
- Patients avec incisives mandibulaires inclinées ou projetées antérieurement.

Actuellement cette dernière contre indication semble pouvoir être évitée en associant ces dispositifs à des minivis ou des miniplaques. Plusieurs études semblent donner des résultats satisfaisants , nous pouvons citer les travaux Aslan en 2004<sup>(236)</sup> ,qui s'est intéressé à l'utilisation du Forsus associé à des minivis placées entre la canine et la première prémolaire mandibulaire.(Fig.56) Ou les travaux de Unal (2015)<sup>(237)</sup> et Celikoglu (2016)<sup>(238)</sup> qui se sont intéressés à l'utilisation du Forsus attaché à des mini plaques fixées dans la symphyse mandibulaire(Fig57).



Fig 56 : Association Forsus-Minivis<sup>(237)</sup>



Fig57 : Association Forsus-miniplaques<sup>(238)</sup>

### 1.1.7. Durée de traitement et contention

Selon Pancherz et Wieslander, six mois de traitement aboutissent fréquemment à des relations d'arcades dentaires de classe I avec une intercuspidation non optimale.

Wieslander rapporte une durée plus courte cinq mois en associant l'appareil de Herbst avec une traction haute. La durée du traitement dépend aussi de la sévérité de la malocclusion, de la typologie faciale et l'âge du début du traitement.

Le traitement actif étant accompli en une période relativement courte, les tissus durs et mous auraient besoin davantage de temps pour s'adapter à la nouvelle posture mandibulaire après la dépose de l'appareil

## 5.2. Les bielles de Herbst

### 5.2.1. Définition

L'appareil de Herbst est probablement l'appareil fonctionnel le plus utilisé dans le monde, pour corriger le rétrognathisme mandibulaire. Selon Lautrou, les bielles de Herbst appartiennent à la catégorie des propulseurs à butée, elles constituent une articulation artificielle entre le maxillaire et la mandibule, obligeant la mandibule à se positionner antérieurement, et de manière permanente par guidage mécanique<sup>(78)</sup>.

Quelque soit le système d'ancrage utilisé, le système est constitué d'un mécanisme télescopique, comprenant des pistons mandibulaires, coulissant dans des tubes maxillaires. Pistons et tubes sont reliés par des écrous, soit à des pivots soudés aux bagues scellées sur certaines dents, soit à des armatures métalliques, contenues par des gouttières en résine acryliques englobant les arcades dentaires.

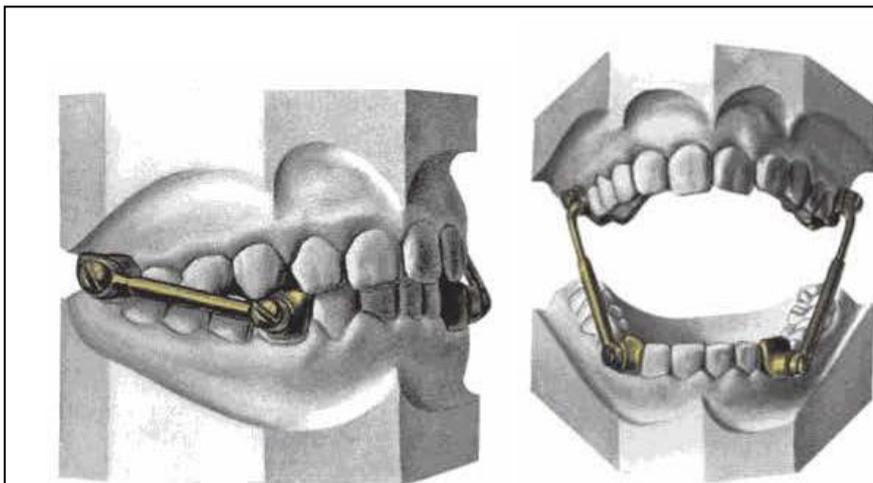


Fig58 : Appareil original de Herbst<sup>(232)</sup>

### 5.2.2. Description des diverses conceptions de bielles de Herbst

Les différentes évolutions qu'a connu ce dispositif, ont été principalement dictées par la recherche d'un meilleur ancrage, afin d'éviter les mouvements parasites, notamment la vestibuloversion des incisives inférieures.

Nous développerons dans ce chapitre uniquement les bielles fixes sur bagues scellées qui font parties de la même catégorie de bielles utilisées dans notre étude.

### 5.2.2.1. Bielles de Herbst ancrées sur bagues selon Pancherz et Hansen

C'est un dispositif fixe ancré sur des bagues épaisses. Les bielles relient les premières molaires supérieures solidarisiées chacune avec la prémolaire homolatérale, aux prémolaires inférieures reliées par un arc lingual. ( Fig59)

La propulsion mandibulaire est effectuée en une seule fois jusqu'au bout à bout incisif, moins un millimètre de recouvrement et de surplomb ; afin de réduire le risque de fractures des incisives.

Dans ses premières études Pancherz décrit deux types d'ancrages(Fig.59) :

- ✓ Un ancrage partiel ou les premières prémolaires et molaires supérieures sont baguées et reliées de chaque coté par un arc palatin. Les premières prémolaires inférieures sont aussi baguées et reliées par un arc lingual.
- ✓ Un ancrage total présentant en plus un arc vestibulaire, qui s'étend d'une première prémolaire supérieure à l'autre, en incluant les canines et les incisives. A l'arcade inférieure, l'arc lingual est prolongé jusqu'aux premières molaires, qui sont aussi baguées.

Cependant ces deux types d'ancrages ne représentent pas de résultats significativement différents. La perte d'ancrage et la vestibuloversion des incisives sont difficiles à contrôler.

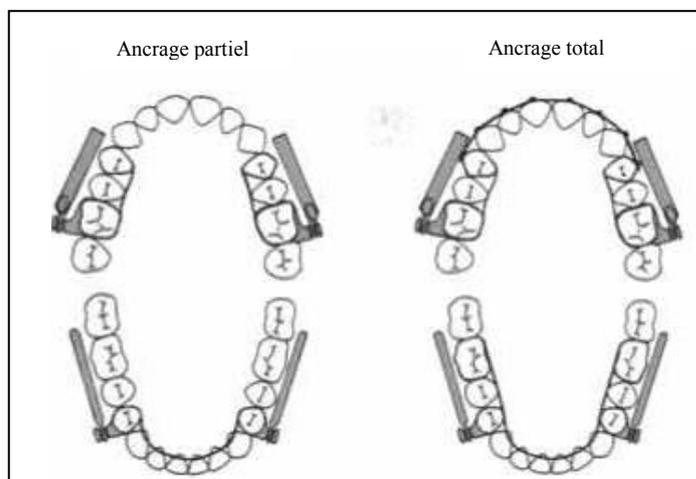


Fig. 59 : Les différents types d'ancrages utilisés par Pancherz<sup>(232)</sup>

### 5.2.2.2. Bielles de Herbst associées au traitement multibague

Avec les améliorations des connaissances sur la croissance faciale, certains orthodontistes vont associer leur traitement multibague aux appareils de propulsion, ce qui permet nettement

de minimiser les effets parasites de l'appareil de Herbst. Cependant on assistera à l'apparition de plusieurs modifications, nous aborderons délibérément que les plus connues :

Langford et Norris<sup>(239,240)</sup> préconisent en 1982 l'emploi de couronne en acier inoxydable sur les molaires et les prémolaires(*Fig.60*), pour prévenir les fractures, malheureusement cela n'empêche pas selon Howe, l'intrusion partielle des molaires qui désactive l'appareil. D'autre part l'arc lingual placé derrière les incisives inférieures, adopte une position plus gingivale et blesse la gencive.

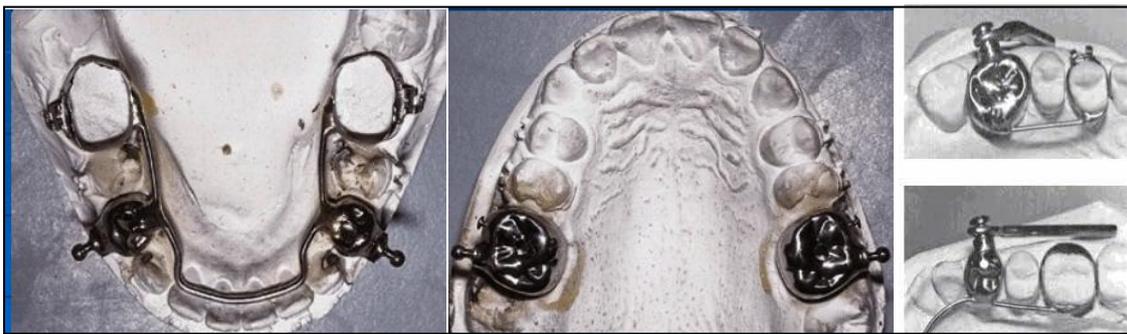


Fig. 60 : Bielles de propulsion selon Langford et Norris<sup>(239)</sup>

Dès 1985 Goodman et Mckenna<sup>(213)</sup> soulignent l'intérêt d'utiliser des couronne en acier inoxydable sur un ancrage dentaire multiattaches. Ces couronnes sont reliées par une barre transpalatine au maxillaire et par un arc lingual à la mandibule.

Plus tard, Terry Dishinger<sup>(241)</sup> en 1995 propose un système similaire, ou des brackets sont collés sur toutes les dents maxillaires, ainsi que sur les incisives mandibulaires. Des bagues sont placées sur les premières molaires mandibulaires, cependant l'appareil ne comprend pas d'arc transpalatin pour permettre la dérotation des premières molaires supérieures. (*Fig.61*) Cette technique présente des avantages ; elle permet un traitement en douze à dix-huit mois, elle peut être utilisée en denture mixte, l'arc de base mandibulaire permet de mieux contrôler la vestibuloversion des incisives inférieures et l'amélioration de l'occlusion assure une meilleure stabilité des résultats. En revanche la construction et la dépose de l'appareil sont assez complexes, sa fragilité nécessite une propulsion progressive et une attention particulière de la part de l'enfant, enfin le cout est assez élevé.



Fig.61-1 : Bielles de propulsion selon Deshinger<sup>(241)</sup>

Fig.61-2 : Bielles de propulsion de Deshinger modifiées par l'ajout d'un cantilever<sup>(241)</sup>

Des années plus tard, il améliore son appareil en remplaçant la couronne de la première prémolaire inférieure, par une couronne cantilever sur la première molaire inférieure.

L'ancrage mandibulaire est renforcé par l'incorporation de -10 °de torque radiculo-vestibulaire dans les brackets incisifs inférieurs. (Fig.61)

Cependant, les décollements incisifs inférieurs et les interférences entre les tubes et le cantilever lors des mouvements d'ouverture/fermeture sont assez fréquents.

Calvez<sup>(242)</sup> en 1998 utilise un système qu'il dénomme le UBJ (Universal Bite Jumper), la fixation du tube et du piston est un peu différente. Un arc lingual relie les bagues de premières molaires inférieures(Fig.62). L'activation initiale est de deux tiers de la propulsion mandibulaire maximale, puis des cales fendues de 2 -3 mm sont rajoutées tous les deux mois sans démonter l'appareil. Calvez déconseille l'utilisation de l'UBJ chez des patients ayant une forte musculature et des habitudes nocives comme le bruxisme pour éviter les fractures.

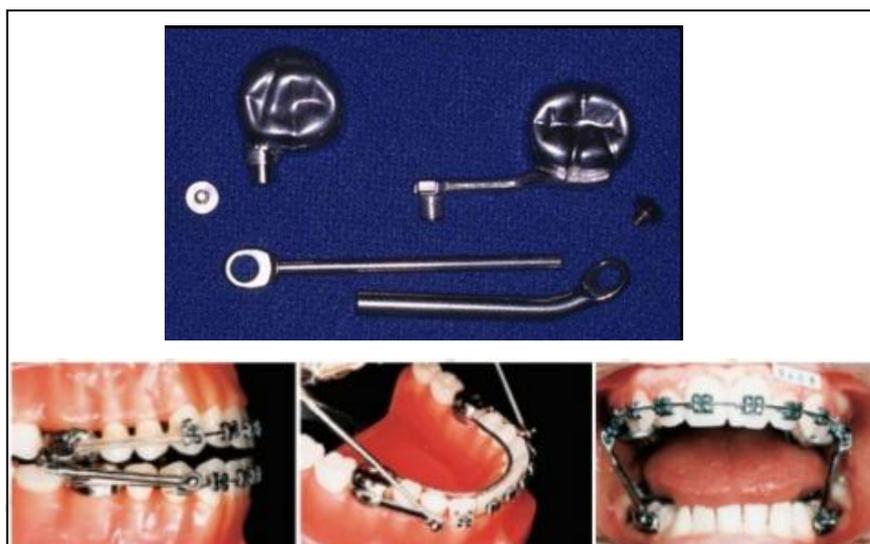


Fig.62 : Universal Bite Jumper de Calvez<sup>(242)</sup>

### 5.2.2.3. Les bielles de Herbst sur arcs auxiliaires associées au traitement multibague

Haegglund et Segerdal<sup>(243)</sup> (suède) solidarisent le système tube-piston par des auxiliaires accrochés aux bagues de premières molaires supérieures.

Les tubes sont reliés aux bagues par l'intermédiaire d'un crochet, placé dans le tube destiné à recevoir la force extra orale. (Fig.63) L'extrémité antérieure des pistons coulisse au niveau des canines inférieures, dans un arc auxillaire en acier 0.36 présentant une boucle antérieure de blocage et attaché antérieurement à un fil orthodontique de pleine taille.

Une préparation d'ancrage molaire et l'addition d'un torque radiculo-vestibulaire dans l'arc incisif inférieur, permettent d'éviter la vestibulo-version des incisives inférieures.

La force délivrée par les bielles est mieux répartie sur le fil inférieur et l'activation est facilitée en ajoutant des tubes, ou des ressorts en arrière de la boucle antérieure de blocage.

Les couts de construction sont réduits et le temps du traitement est plus court.



Fig.63 : Bielles de Segerdal<sup>(243)</sup>

Remarque :

L'association des bielles de Herbst aux dispositifs fixes multiattaches, permet en effet de faciliter son utilisation clinique pour le praticien, de diminuer la coopération du patient et de limiter la durée du traitement (traitement en une seule phase). Cependant l'adaptation en bouche n'est pas toujours facile et les fractures subsistent malgré le perfectionnement des mécaniques.

Il existe aussi des bielles sur armature métalliques squelettiques (Wieslander<sup>(110)</sup>, Grobety) et d'autres sur gouttière thermoformées (Howe, VALANT et Sinclar, Mc Namara) très utilisées notamment en denture mixte.

## **5.2.2.4. Effets des bielles de Herbst**

### **5.2.2.4.1. Effets à court terme**

#### **5.2.2.4.1.1. Effets squelettiques**

Pancherz et coll<sup>(71)</sup> montrent à l'aide de leurs analyses céphalométriques qu'en moyenne 44% des classes II sont corrigées par des effets squelettiques chez des hypodivergents, et 25 % chez des hyperdivergents.

Après six mois de traitement, les modifications suivantes sont notées :

- **Dans les sens sagittal**

L'appareil de Herbst freine la croissance du maxillaire supérieur.

La croissance condylienne est plus importante et plus postérieure. La longueur de la mandibule augmente trois fois plus dans le sens horizontal et deux fois plus dans le sens vertical que dans le groupe de contrôle<sup>(70)</sup>. Par ailleurs le remodelage du bord inférieur de la mandibule change sa morphologie. Ce changement pourrait être le résultat de la modification de l'activité musculaire obtenue par l'appareil. Cependant, selon Pancherz, Les patients ayant les meilleures réponses sont ceux ayant un angle goniale d'environ 122 °. Les patients dolichofaciaux ne présentent pas de réponse de croissance satisfaisante.

Selon Pancherz<sup>(70)</sup>, un an d'utilisation de l'appareil Herbst permettra à la mandibule de croître en moyenne de 1,3 à 1,7 mm de plus par rapport au groupe contrôle. Dans une revue systématique des modifications mandibulaires produites par les appareils fonctionnels, Cozza et al<sup>(230)</sup> ont conclu que l'appareil Herbst présentait le coefficient d'efficacité le plus élevé.

Les modifications dentaires sont importantes tant au maxillaire qu'à la mandibule, les dents inférieures se mésialisent et les incisives inférieures se versent vestibulairement. Les molaires maxillaires se déplacent distalement.

- **Dans le sens vertical**

La céphalométrie montre que l'appareil a un effet limité sur les positions du maxillaire et de la mandibule par rapport à la base du crane. L'angle goniale s'ouvre légèrement en raison de la modification de l'activité musculaire qui résorbe le bord inférieur de la mandibule.

En raison des changements dentaires verticaux, (ingression des molaires supérieures, égression des molaires inférieures, ingression par vestibuloversion des incisives inférieures,

les plans d'occlusion maxillaire et mandibulaire basculent en bas et en avant, on observe également une diminution du recouvrement incisif.

#### **5.2.2.4.1.2. Conséquences sur le profil facial**

Pancherz et Anehus<sup>(245)</sup> étudient les effets à court et à long terme de l'appareil de Herbst sur le profil facial :

Après traitement, la convexité du profil des tissus durs et mous est réduite, la lèvre supérieure recule. Les modifications du profil obtenues à long terme sont variables et en relation avec la croissance. D'une façon générale, la convexité du profil des tissus mous diminue, si on ne prend pas en compte le nez et augmente dans le contraire. Les lèvres deviennent plus rétrusives par rapport à la ligne esthétique de Ricketts en raison de la croissance du nez et du menton.

#### **5.2.2.4.1.3. Effets sur la mastication**

La mastication est difficile pendant 7 à 10 jours et l'efficacité masticatrice est réduite pendant 3 mois, en raison de la perte des contacts postérieurs en propulsion.

#### **5.2.2.4.1.4. Effets sur l'articulation temporo mandibulaire**

De légères perturbations de l'ATM (douleurs à la palpation, des ATM et des muscles masticateurs) sont parfois notées au début du traitement.

Selon Pancherz et coll<sup>(245,246)</sup> la position du condyle dans la cavité glénoïde n'est pas affecté par le traitement, la distance entre la relation centrée et la position d'ICM n'excède pas 1.5mm chez les patients traités, cependant il note un repositionnement antérieur de la fosse articulaire par rapport à la base du crane.

Paulsen et all<sup>(235)</sup> montrent une néoformation d'os après le port de l'appareil sous forme d'un double contour des cavités articulaires, de la partie postérieure de la tête des condyles et parfois de la partie postéro-supérieure du ramus.

Ruf & Pancherz<sup>(247)</sup> 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. 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. Quatre ans après traitement, Ruf et Pancherz ne notent pas plus de problèmes d'ATM chez leurs patients, que chez les échantillons témoins non traités soit un cas sur quatre<sup>(248)</sup>

Hagg & Taranger<sup>(249)</sup> 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 aux bielles de Herbst, même si la croissance est terminée.

Malgré l'efficacité des bielles de Herbst sur bagues, les effets parasites, ne sont pas négligeables, à savoir :

- Bascule en bas et en avant des plans d'occlusion maxillaire et mandibulaire.
- Vestibuloversion des incisives inférieures.
- Fractures dentaires, ou de l'appareillage fréquentes en raison de la propulsion unique.

Leur utilisation nécessite par ailleurs la présence des premières prémolaires inférieures, ceci conduit de nombreux auteurs à proposer d'autres types d'ancrages.

#### **5.2.2.4.2. Effets à long terme de l'appareil de Herbst**

Après la dépose de l'appareil, les rapports dentaires sont surcorrigés, mais l'occlusion est instable en raison de l'intercuspidation incomplète.

Dans l'année suivante, l'occlusion s'assoit en classe I : le surplomb et les rapports dentaires sagittaux se détériorent d'environ 30% de la correction obtenue.

##### ✓ Effets à six mois

Approximativement 90% des modifications occlusales notées après traitement, ont lieu les six premiers mois et sont principalement d'origine dentaire. Les molaires supérieures se déplacent antérieurement, les dents inférieures se déplacent postérieurement. Les incisives inférieures se redressent en moyenne de 8° leur bord libre recule de 2.5mm en moyenne. Pancherz et coll<sup>(120)</sup> remarquent un rattrapage de la croissance maxillaire et une réduction mineure de la croissance mandibulaire. Ce mécanisme affecte peu les résultats occlusaux obtenus.

✓ Cinq à dix ans après traitement :

Le type de croissance existant avant traitement semble reprendre le dessus .Il deviendrait plus vertical et la croissance mandibulaire est deux fois plus importante dans le groupe témoin que dans le groupe Herbst, malgré l'augmentation de la croissance sagittal des condyles et les changements de normalité à long terme<sup>(118)</sup>.

Les relations dentaires sagittales sont cependant presque normalisées.

Ainsi, les effets dentaires obtenus pourraient à long terme compenser un décalage défavorable des bases osseuses.

À l'heure actuelle, une controverse majeure existe concernant les appareils fonctionnels ; la question est de savoir si le gain qu'ils procurent dure à long terme. Certains chercheurs le croient, cependant, d'autres affirment que les appareils n'accélèrent et / ou ne retardent la croissance mandibulaire que pendant l'utilisation de l'appareil. Après le retrait, la croissance mandibulaire diminue et atteint la même taille que si aucun appareil n'avait été utilisé. Il convient de souligner le manque de revues systématiques et de méta-analyses basées sur des preuves plus solides traitant des effets à long terme de l'appareil.

Presque toutes les recherches sur les effets des bielles de Herbst résultent d'études basées sur des céphalogrammes en vue latérale. Ces derniers ont leurs limites et font douter de la fiabilité des études.

L'utilisation de techniques avancées comprenant l'imagerie 3D et la superposition permet de surmonter ces limitations, car elles permettent une analyse et une mesure précises de la position modifiée, non seulement dans le maxillaire, mais aussi dans la mandibule par rapport à la base crânienne.

Le Cornu et al<sup>(250)</sup> ont conclu que les patients traités au moyen de l'appareil Herbst présentaient un déplacement vers l'avant des condyles et de la fosse, avec une croissance maxillaire restreinte, par rapport à un groupe témoin.

L'étude récente de Yi<sup>(251)</sup> réalisée en 2020 montre par imagerie 3D, que le principal effet squelettique du traitement par appareil Herbst, était une augmentation supplémentaire de la longueur condylienne pour environ la moitié de l'échantillon, visualisée sur la figure 64 au niveau des zones rouges.

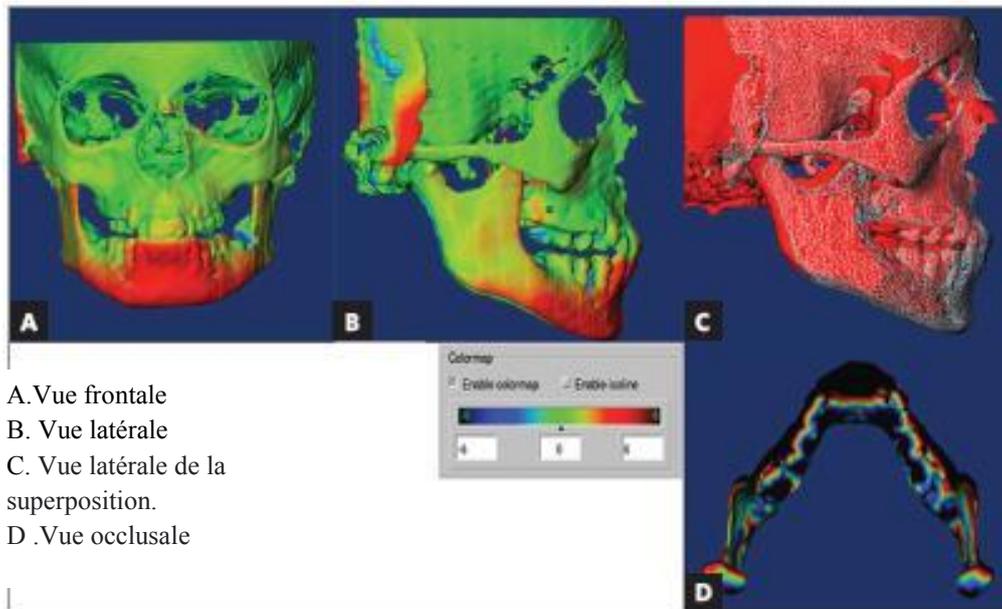


Fig64 : Zone de croissance visualisée par imagerie 3D, après 1 an de traitement avec des bielles de Herbst (zones rouges) <sup>(251)</sup>

### 5.2.2.5. Stabilité et récurrence du traitement

Pour Pancherz les facteurs responsables de la récurrence sont <sup>(70)</sup> :

Les traitements précoces réalisées en dentures mixtes ou l'intercuspidation des dents temporaires n'est pas toujours suffisante pour que l'occlusion reste stable.

La persistance de dysfonctions labiolinguales (interposition, pulsion linguale, déglutition atypique) qui empêchent une occlusion fonctionnelle.

Il est donc important d'établir pendant le traitement, une bonne intercuspidation des dents supérieures et inférieures en classe I, pour maintenir l'occlusion, celle-ci est plus apte à transférer les forces de la croissance maxillaire à la mandibule, ou réciproquement et pourrait agir comme un facteur limitant, ou stimulant la croissance mandibulaire.

Ainsi une bonne occlusion après traitement pourrait garantir la stabilité des résultats malgré le retour du schéma de croissance existant avant traitement <sup>(73)</sup>

Pancherz recommande une contention d'au moins deux ans à l'aide d'un activateur, avant de terminer le traitement en multibague si nécessaire ce qui va permettre de :

- Maintenir les résultats obtenus.
- Guider l'éruption dentaire.
- Former et adapter la musculature à la nouvelle position mandibulaire, la durée du traitement étant courte <sup>(74)</sup>

## 5.2. Les Bielles « Forsus Fatigue Resistant Device » (FFRD)

Après les bielles de Herbst, il s'agit du second propulseur fixe le plus utilisé aux USA, (Herbst 19.2%, Forsus17.4%). En Australie et au Royaume-Uni c'est le Twin block qui est le plus utilisé(70%), suivi du Forsus et le Jasper jumper (61%).<sup>(252)</sup>

Keim et coll<sup>(253,254)</sup> ont rapporté qu'il était couramment utilisé aux états unis par 17% des orthodontistes et occasionnellement utilisé par 33% d'entre eux. Ce pourcentage augmente régulièrement, atteignant 26% pour son utilisation systématique et 35% pour une utilisation occasionnelle en 2014.

En 1999, un orthodontiste américain du nom de Bill Vogt, crée un nouvel appareil fixe pour la correction des classes II, le ressort « *Forsus<sup>TM</sup>* ». Celui-ci est fait d'une barre (composée de 45% nickel et 55% titane) de dimension 0,5 x 3,0 mm recouverte d'un enduit plastique. Ses extrémités sont recourbées et peuvent être attachées à des bagues et des fils lors d'une thérapie orthodontique multiattache. (*Fig.65*)

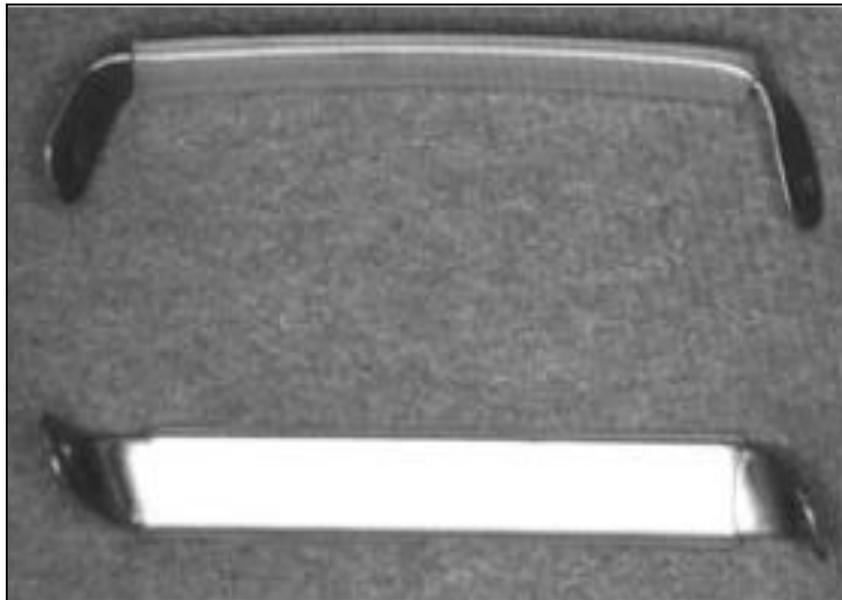


Fig65 : Ressort Forsus<sup>TM</sup> selon Heinig<sup>(255)</sup>

Par la suite, d'autres versions du *Forsus<sup>TM</sup>* ont été développées. Notamment le « *Forsus Fatigue Resistant Device* (FFRD) », Il s'agit d'un appareil originalement mis au point afin de corriger une malocclusion de classe II tout en minimisant le besoin de coopération du patient.

### 5.3.1. Description du Forsus. FFRD

Le FFRD est composé de trois pièces :

Un système télescopique semi-rigide surmonté d'un ressort super-élastique en nickel titane. Cette composante s'attache sur un tube dit à « *headgear* ». Une tige s'insérant au centre du système télescopique sert de deuxième point d'attache. (Fig.66)

Le FFRD est compatible avec les systèmes d'orthodontie fixe traditionnels, ou peut être incorporé à d'autres types d'appareils, ou auxiliaires pour la correction de la classe II squelettique.

L'appareil se fixe aux premières molaires maxillaires ainsi qu'au fil mandibulaire distalement aux canines, ou aux 1ères prémolaires. Lorsque le ressort est comprimé, la force est transmise aux points d'attaches.

Le système télescopique comprend :

- Tiges de poussée (Fig.67) :

Une tige de poussée « *Push rod* », qui permet un ajustement en longueur. Elle est disponible en 6 longueurs (22, 25, 29, 32, 35 et 38 mm), ainsi qu'en versions droite et gauche. (Fig67-1)

- Le module à ressort : Il s'agit d'un ressort fabriqué en acier inoxydable, qui est résistant à la fatigue (d'où l'appellation) et produit une force d'environ 220 g. Le module à ressort est disponible en deux types, dans les appareils traditionnels.

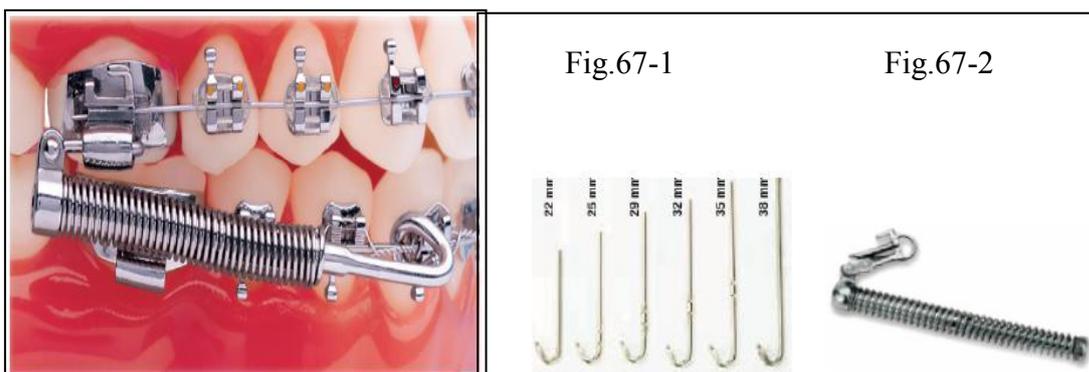


Fig.66 : Le Forsus Fatigue Resistent Device<sup>(255)</sup>

Fig.67 : (67-1) Tiges de poussée du FFRD  
(67-2) Module EZ2 du FFRD<sup>(255)</sup>

-Le module ressort (module L-pin Spring) est attaché au tube occlusal à l'aide de la goupille de type boule, qui peut être utilisé même avec le tube du harnais gingival. Les deux modules droit et gauche sont universels et interchangeables.<sup>(255)</sup>

- Le module EZ2 (Fig67-2) permet une plus grande cohérence lors de l'installation (Fig.67-2) et empêche automatiquement le ressort de pivoter vers la joue. Il comporte une butée anti-rotationnelle servant à assurer la stabilité, empêchant ainsi l'appareil de bouger pendant l'utilisation. Le côté droit et gauche du module à ressort EZ2 ne peuvent pas être interchangeables. Le FFRD peut être assemblé facilement sur fauteuil, et inséré rapidement en bouche. Une petite règle (Fig68-1), fournie par le fabricant, est utilisée afin de déterminer la longueur optimale de la tige de poussée, qui permettra une propulsion adéquate de la mandibule. La mesure est prise du distal du tube de la molaire supérieure jusqu'à l'endroit prévu pour l'attachement de la tige de poussée, généralement au distal de la canine inférieure. Pour obtenir une mesure adéquate, le patient doit être en occlusion centrée. De plus, il est important de mesurer les deux côtés du patient, les mesures pouvant différer de gauche à droite.

Il est également possible de faire des activations symétriques ou asymétriques, lorsque le traitement le prévoit. L'activation se fait à l'aide de petits anneaux de 1,5 mm, appelés « *split crimps* ». (Fig.68-2)

Il est assez courant qu'avec l'utilisation de l'appareil Forsus, le patient ressent un certain inconfort ou une irritation des joues pendant les premiers jours. Le patient peut utiliser de la cire orthodontique, ou des capuchons en plastique « *Comfort Solutions* » pour se protéger (Fig.68-3)

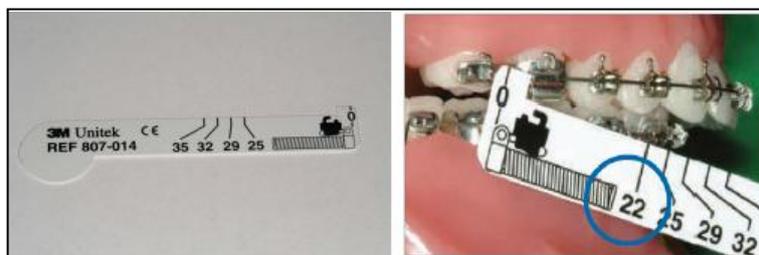


Fig.68-1

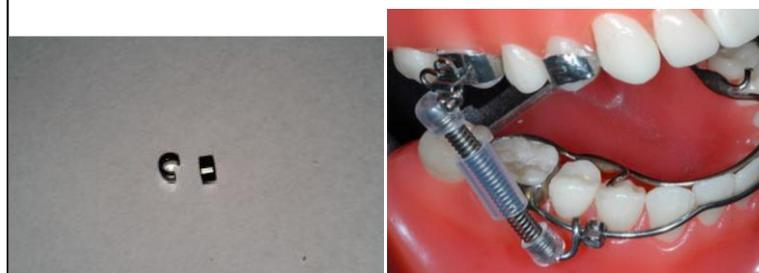


Fig.68-2

Fig68-3

Fig.68: 1- Règlette pour la longueur de la tige de poussée. 2- Clips d'activation « *Split crimps* ». 3- « *Comfort Solutions* » <sup>(255)</sup>

### **5.3.2. Exigences cliniques générales pour l'installation**

Comme pour tous les propulseurs fixes, le FFRD a tendance à provoquer une vestibulisation des dents mandibulaires. Ainsi l'idéal est de renforcer l'ancrage mandibulaire. Par conséquent, un arc en acier inoxydable de 0,019 x 0,025 doit être utilisé avec un slot de 0,022, ou un arc en acier inoxydable de 0,017 x 0,025 avec un slot de 0,018 pouce. Du torque lingual sur les dents mandibulaires de la région antérieure doit être envisagé. Une boucle Omega est également intéressante pour sécuriser l'arc. Une courbure sur la surface distale de la dernière molaire est également considérée. Il est également recommandé d'utiliser une ligature en acier inoxydable en forme de 8 dans toutes les dents inférieures, et recourber le fil en distal molaire vers le bas (a sinch), car l'appareil a tendance à ouvrir l'espace entre les canines et les premières prémolaires.

L'utilisation d'un arc transpalatin au maxillaire peut être recommandée.

C'est important d'informer au préalable les patients des problèmes potentiels. Par exemple : l'ouverture de la bouche est légèrement limitée par l'appareil, ce qui peut entraîner des problèmes pour manger, parler ou nettoyer les dents et l'apparence peut être modifiée en conséquence des joues bombées.

### **5.3.3. Effets des bielles Forsus à court terme**

Cette question et notamment l'effet squelettique des bielles FFRD, que nous tentons de démontrer avec notre étude, a suscité en nous de vives interrogations. Une revue de la littérature concernant l'efficacité des bielles FFRD, nous a permis de retrouver plusieurs études, avec des niveaux de preuves variés et des résultats très nuancés, quant à l'existence d'un réel effet orthopédique des bielles FFRD. Certaines études affirment que le FFRD possède un réel effet orthopédique sur le maxillaire et la mandibule. Pour d'autres aucun effet squelettique n'a été retrouvé, il existerait surtout un effet dento alvéolaire. Et enfin d'autres arrivent à la conclusion de deux effets conjugués, squelettiques et alvéolaires.

Heinig et Göz<sup>(54)</sup> ont étudié les effets du ressort FFRD utilisé pendant 4 mois sur 13 patients afin de corriger leur malocclusion de classe II. L'âge moyen des patients était de 14,2 ans. Les effets dento-alvéolaires ont contribué pour 66% de la correction et 34% de correction squelettique. Les molaires supérieures se sont déplacées distalement tandis que les molaires inférieures se sont mésialées.

Le plan occlusal a basculé de  $4,2^\circ$  dans le sens horaire. Les auteurs ont conclu que le FFRD constitue une bonne alternative aux autres appareils fonctionnels fixes de correction de classe II. Effectivement, la synergie des effets dentaires et squelettiques sur la mandibule réussissent à améliorer le décalage sagittal.

Karacay et al<sup>(7)</sup> ont comparé les effets du Forsus et du Jasper Jumper dans le but de corriger les malocclusions de classe II. Ils ont étudié 48 adolescents divisés aléatoirement en 3 groupes : Forsus, Jasper Jumper et contrôle. Les résultats ont démontré l'efficacité de ces deux appareils afin de corriger une malocclusion de classe II. Les changements au niveau squelettique, dentaire, et des tissus mous ont été quasiment les mêmes pour les deux types d'appareils.

Franchi, Alvetro et al<sup>(256)</sup> ont publié une étude évaluant les effets dentaires, squelettiques et sur les tissus mous d'un traitement d'orthodontie fixe combiné au FFRD afin de corriger des malocclusions de classe II.

Les radiographies pré et post traitement de 27 patients traités ont été comparées, à celles de 27 patients contrôles. La durée moyenne d'utilisation des bielles Forsus était de  $5,2 \pm 1,3$  mois. L'étude conclut que le FFRD a corrigé la malocclusion de classe II chez 87,5% des patients. De plus, les résultats démontrent que l'effet orthopédique du FFRD agit majoritairement sur les structures maxillaires. Il limite l'avancement sagittal du maxillaire. Effectivement, la plupart des effets à la mandibule sont davantage dento-alvéolaires, avec une mésialisation importante des 1ères molaires ( $2,4 \pm 1,6$  mm), une extrusion des molaires inférieures ( $3,6 \pm 1,5$  mm). (Fig.69, 70)

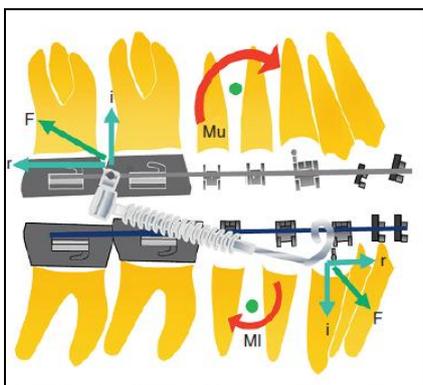


Fig.69.Schématisation des effets du FFRD, vue sagittale <sup>(225)</sup>

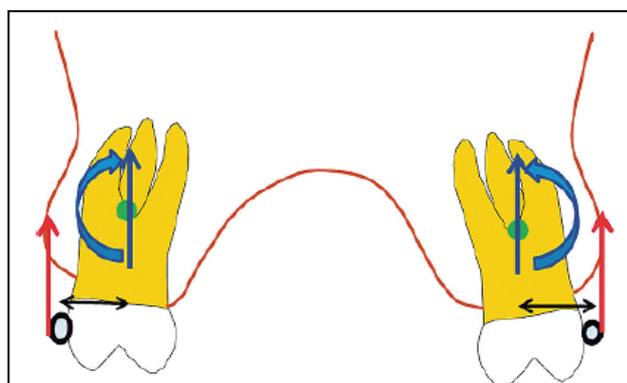


Fig70.Schématisation des effets du FFRD vue transversale. <sup>(225)</sup>

Plus récemment, Dada et al<sup>(257)</sup> retrouvent les mêmes résultats avec un effet orthopédique plus important au maxillaire qu'à la mandibule.

Sakouana<sup>(258)</sup> en 2019 à l'aide de coupes tomographiques (CBCT), a présenté des résultats similaires, avec des effets dento-alvéolaires favorisant la correction de classe II, avec cependant de légères modifications squelettiques

Gunay<sup>(259)</sup>, quant à lui ne retrouve pas d'effets squelettiques sur le maxillaire ni à la mandibule, il rapporte essentiellement des effets dento-alvéolaires maxillaires et mandibulaires responsables de la correction de la classe II.

Aras et coll<sup>(232)</sup> ont comparé 15 sujets avant leur pic de croissance pubertaire, avec 14 sujets après leur pic de croissance pubertaire. Ces 29 patients ont reçu des bielles Forsus pour un temps de 9 mois environ. Des radiographies céphalométriques et des IRM ont été prises. Les effets thérapeutiques significatifs sont à peu près les mêmes que ceux précédemment discutés, soient une bascule arrière et une extrusion des incisives supérieures, une protrusion, une intrusion et une bascule antérieure des incisives inférieures, un mouvement distal des molaires supérieures et un mouvement mésial des molaires inférieures.

### **5.3.4 Effets des Bielles Forsus à long terme**

Cacciatore et coll<sup>(260)</sup> ont analysé 36 patients pendant  $2,3 \pm 1,1$  années en moyenne (T3) après la fin du traitement orthodontique avec des bielles Forsus comparativement à une cohorte de contrôle historique non traitée.

Les résultats démontrent que, durant la période d'observation post traitement, le maxillaire récupère une croissance et une position normale. L'overjet et l'overbite augmentent significativement (1,3 mm et 1,5 mm respectivement). Il y a une intrusion significative des incisives supérieures. Lorsqu'ils comparent les changements entre le début (T1) et la fin du follow-up (T3), ils n'ont trouvé aucun changement squelettique significatif du maxillaire, ou de la mandibule.

Deux ans après traitement orthodontique, le taux d'efficacité de la correction classe II est de 83,3% comparativement à un taux d'efficacité de 87,5% à la fin du traitement.

Plus récemment Pasaoglu<sup>(261)</sup> en 2020 a comparé les effets du Forsus, à ceux du FMA (Functional Mandibular Advancer) associés à un traitement fixe multibracket, le FMA s'est avéré plus efficace dans l'amélioration de la croissance mandibulaire et l'avancement mandibulaire par rapport au Forsus. Il a noté des petits changements squelettiques, tels qu'un déplacement maxillaire postérieur et un léger déplacement mandibulaire en avant. Les

modifications dento-alvéolaires étaient plus importantes et se sont produites sous forme, de rétrusion des incisives supérieures, vestibuloversion des incisives inférieures, mésialisation et extrusion des molaires inférieures.

À long terme les résultats sont moins nuancés avec une récurrence plus importante dans le groupe Forsus concernant l'overjet, l'overbite et la rotation du plan occlusal.

Les conclusions de ces études démontrent des résultats encourageants quant à l'utilisation du Forsus pour la correction des malocclusions de classe II. Cet appareil semble procurer des résultats similaires aux autres appareils de correction sagittale fixes et amovibles, surtout à long terme.

### **5.3.5. Durée de traitement avec les bielles Forsus**

Les temps de traitement actif avec l'appareil Forsus varie de quatre mois (Heinig)<sup>(54)</sup> jusqu'à neuf mois (Aras)<sup>(232)</sup>. En effet une moyenne peut être calculée à partir des différentes études retrouvées dans la littérature. Shahid<sup>(262)</sup> estime qu'en moyenne, un traitement actif standard avec des bielles Forsus est d'une durée de 6,11 mois. Cela concorde avec d'autres études qui recommandaient également un traitement actif de six mois avec l'appareil Forsus pour une correction complète de classe II.<sup>(55,263)</sup> Dans notre étude la durée de traitement avec le FFRD est fixée à six mois.

### **5.3.5. Complications**

Comme avec presque tous les appareils orthodontiques, le FFRD peut présenter dans certains cas des complications, ou des effets parasites qui doivent être connus par le praticien.

Une revue systématique récente en 2019<sup>(264)</sup> a étudié la prévalence des complications avec l'utilisation des propulseurs fonctionnels fixes de classe II et a déclaré que l'incidence des complications est relativement élevée, le taux de visite d'urgence allant de 37,3 à 43,7 % de patients traités avec le FFRD. La principale source d'inconfort des appareils de type Forsus semble être la douleur au niveau des joues, observée surtout les premiers jours suivant la mise en place. (Plaies ou ulcérations au niveau de la face interne des joues)(Fig.71). Pour les patients traités avec un appareil de Herbst, quelle que soit leur conception, les complications sont essentiellement représentées par la fractures et / ou le délogement de l'appareil nécessitant des rendez-vous d'urgence. Cette fréquence des complications nous a poussé à

compléter notre étude clinique, par une analyse concernant le confort de nos patients vis à vis de leur appareillage. Elle sera détaillée dans la partie clinique.

La douleur est une réponse subjective démontrant de larges variations individuelles. Elle dépend de plusieurs facteurs tels que, l'âge, le sexe, le seuil de douleur individuel, l'amplitude de la force appliquée, le statut émotionnel présent ainsi que le stress, les différences culturelles et les expériences antérieures reliées à la douleur.

Selon Bowman<sup>(265)</sup> et al, 38% des patients utilisant le FFRD ont rencontré au moins un problème majeur, ou mineur au cours de leur traitement. Ces complications sont souvent dues à la sur-activation de l'appareillage et/ou une mauvaise gestion de la biomécanique.

Une étude récente<sup>(266)</sup> publiée en 2020 a regroupé les complications en deux groupes :

Les complications sur l'appareillage : nous pouvons citer : la rupture du FFRD retrouvée dans 3,4% des cas, séparation des pièces 8,6% des cas, rupture des tubes extra-oraux pré-soudés des premières molaires supérieures 20,9%.

Les complications sur le patient : irritation, ou ulcération au niveau de la face interne des joues 5,2%, mouvements dentaires parasites (rotation de la canine inférieure 51,6%, ingression et exclusion de la molaire supérieure 6,9%, inclinaison du plan occlusal 1,7%.)

Une bonne éducation des patients est obligatoire avant le début de la thérapie FFRD. Cela devrait inclure des instructions concernant un protocole d'hygiène bucco-dentaire strict, limitation des mouvements latéraux excessifs et une large ouverture de la bouche (rire, bâillement...), pour éviter la séparation des pièces de l'appareil.

Évitez de suractiver l'appareil. Cela pourrait aider à éviter la fracture de l'appareil et ainsi, réduire le nombre de rendez-vous d'urgence.

Une ligature correcte des canines mandibulaires est nécessaire, pour éviter leur rotation excessive. D'autres mesures peuvent aider à réduire cette complication, y compris l'utilisation de ligatures élastomériques avec un protège-morsure (rotational-wedges)

Une sélection appropriée de la taille du FFRD est nécessaire pour éviter la composante verticale excessive de force, ce qui entraîne une exagération de l'intrusion de la molaire supérieure. L'utilisation d'un arc transpalatin peut être utile dans ces cas.

L'irritation des joues causée par la FFRD doit être évitée, car il s'agit d'un événement fréquemment signalé. Récemment, des capuchons à ressort ont été introduits pour couvrir l'extrémité antérieure et / ou postérieure du ressort.



Fig.71 : Complications liées au port du FFRD<sup>(266)</sup>

## 5.4. Les tractions intermaxillaires de classe II

### 5.4.1. Historique :

Les tractions inter maxillaires, ou TIM font aujourd'hui partie intégrante de la thérapeutique orthodontique. En 1846 Henry Albert Baker fut le premier à utiliser des élastiques en caoutchouc pour corriger la position des dents, mais c'est Calvin Case qui les utilisa pour la première fois comme auxiliaire, entre les deux arcades, dans son appareillage nommé le « Contouring » décrit en 1893<sup>in (267)</sup>. Par la suite Edward Angle le père de l'orthodontie, a nommé leur usage en référence à Baker «The Baker Anchorage » et les a particulièrement utilisé dans la correction des classes II. À partir de là, on assiste à la popularisation de leur utilisation dans les différents concepts orthodontiques. En 1965 Raymond Begg utilise les élastiques de classe II qu'il recommande de changer tous les 05 jours<sup>(268)</sup>. Ricketts en 1970, préconise l'utilisation des élastiques verticaux dans les cas d'open bite. Roth recommande des élastiques de classe II courts pour aider à niveler la courbe de Spee, en association avec des forces extra-orales. Langlade a eu le mérite de développer plusieurs applications cliniques des forces élastiques, dans les différentes situations orthodontiques, en détaillant leur biomécanique.

### 5.4.2 Définition

Les tractions intermaxillaires de classe II sont des élastiques placés antérieurement à l'arcade maxillaire et postérieurement à l'arcade mandibulaire.(Fig.72)

Les élastiques sont composés de 95 à 98% de caoutchouc et de petites traces de soufre (0-0,1%) et d'oxyde de zinc (0-0,1%). Ils sont emballés dans des sacs à code couleur, pour une identification rapide et facile. Chez les patients présentant des allergies aux fruits exotiques connues, des variétés sans latex sont également disponibles (fabriquées à partir d'un polymère unique, éliminant la protéine et les autres composés potentiellement allergènes associés au latex).<sup>(269)</sup>

La composition élastique de ces tractions intermaxillaires entraîne une détérioration et une perte de la mémoire élastique causée par le pH et l'environnement buccal (la salive, la nourriture, les boissons et la plaque dentaire). Après 2h en bouche, le module de force élastique décroît de 30% et de plus de 40% après 3h.

Les élastiques doivent donc être changés régulièrement pour maintenir une traction constante. Ils sont mis et enlevés par le patient. Ils sont renouvelés une, ou plusieurs fois par jour, en fonction de la prescription. Leur caractère amovible implique une coopération particulière du patient.

Les élastiques existent en plusieurs tailles et diamètres, avec plusieurs forces (light, medium et heavy), de nombreux auteurs ont tenté de définir la force optimale pour le déplacement dentaire, afin que ce dernier soit le plus physiologique possible, sans effet iatrogène.

Pour ce qui est des TIM de classe II, les études évoquent une force moyenne de 73,7g<sup>(127)</sup>. Généralement, il est admis que la force prescrite (annoncée par le fabricant) est obtenue lorsque l'élastique est étiré de 3 fois son diamètre.



Fig.72 : Tractions intermaxillaires  
*CHU Blida. Service de médecine dentaire*

### **5.4.3. Indications-contre indications des élastiques de classe II**

Malgré leur grande popularité, certains auteurs ont attribué plusieurs effets secondaires à l'utilisation des élastiques de classe II comme ; la perte d'ancrage mandibulaire, la vestibuloversion des incisives mandibulaires, l'égression des incisives supérieures et même l'aggravation de l'esthétique du sourire due à une exposition accrue de la gencive.

Il a également été indiqué que les élastiques de classe II, entraînent une égression des molaires mandibulaire, provoquant une rotation horaire du plan occlusal, défavorable dans la correction des classe II par rétromandibulie.

Leur utilisation est généralement indiquée en cas de classe II dentaire pouvant être traitée par simple compensation alvéolo-dentaire lorsque les arcades sont régulières, ou présentent des diastèmes, l'arcade mandibulaire ne nécessitant pas de correction antérieure importante et les incisives mandibulaires ne présentent pas de version vestibulaire. Ils sont aussi indiqués quand l'esthétique faciale est harmonieuse, avec un profil sous-nasal à convexité modérée, en particulier chez les patients brachyfaciaux .

Par contre, vu le vecteur de force vertical retrouvé dans la littérature, leur utilisation est fortement contre indiqué chez les patient hyperdivergents et les patients non coopérants.

### **5.4.4. Biomécanique des TIM de classe II**

Les effets des TIM de classe II seraient principalement dento-alvéolaires <sup>(270)</sup>, un effet « Tiroir » sur les arcades, à savoir un recul en masse de l'arcade maxillaire et un mouvement mésial de l'arcade mandibulaire, selon le principe de l'ancrage différentiel de Hilgers :

- Une égression, un recul et une palatoversion des incisives maxillaires qui peuvent aggraver un sourire gingival.

- Une vestibuloversion des incisives inférieures.

- Une égression, une version coronomésiale et une mésiorotation de la dent mandibulaire supportant la traction (1ere molaire inférieure). <sup>(270)</sup>

Ces différents effets du sens sagittal et vertical peuvent varier selon les points d'application des TIM, une connaissance de la biomécanique des TIM de classe II s'avère donc être indispensable, afin de potentialiser les effets désirés et diminuer, ou atténuer les effets indésirables.

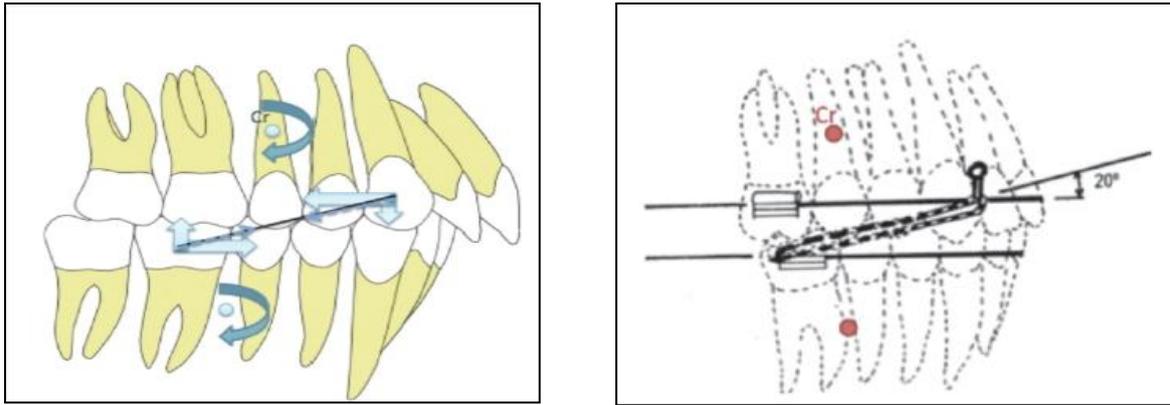


Figure.73. Biomécanique des TIM de classe II<sup>(271)</sup>

- **Point d'application canine maxillaire, et 1ere molaire mandibulaire (M1)**

La distribution des forces est telle que le vecteur horizontal est important, mais le vecteur vertical représente, un point d'attache, plus d'un quart de la force appliquée. (Fig.73)

Exemple : En occlusion, si l'élastique fait un angle de 20° avec l'arc continu, et si la force exercée est de 100 gr, la traction se décompose en :

- Une force horizontale de  $100 \times \cos 20^\circ = 93.90 \text{ gr}$
- Une force verticale de  $100 \times \sin 20^\circ = 34.20 \text{ g}$ .

- **Point d'application canine maxillaire et 2eme molaire à la mandibule (M2)**

L'angle entre l'élastique et l'arc diminue, la distribution des forces montre alors une composante horizontale plus importante et une diminution de la composante verticale d'extrusion. Cependant, en raison de la position terminale de M2 et du peu de longueur de fil incorporé dans le tube, l'arc contrôlera moins les mouvements de mésioverion et de rotation de cette dent. De plus l'effet de bascule du plan d'occlusion est augmenté par la longueur de l'élastique. (Fig.74)

- **Point d'application canine maxillaire et 2ème PM inférieure**

Ces tractions dites « courtes » instaurent une composante verticale plus importante qui contribue à parfaire le sens vertical dans certaines situations (deep bite).

D'après une étude menée en 2007 par Nabbout et al<sup>(268)</sup> employant des mesures tridimensionnelles, le centre de résistance des arcades dentaires a été déterminé en regard de la seconde prémolaire maxillaire et entre la seconde prémolaire, et la 1ere molaire mandibulaire.

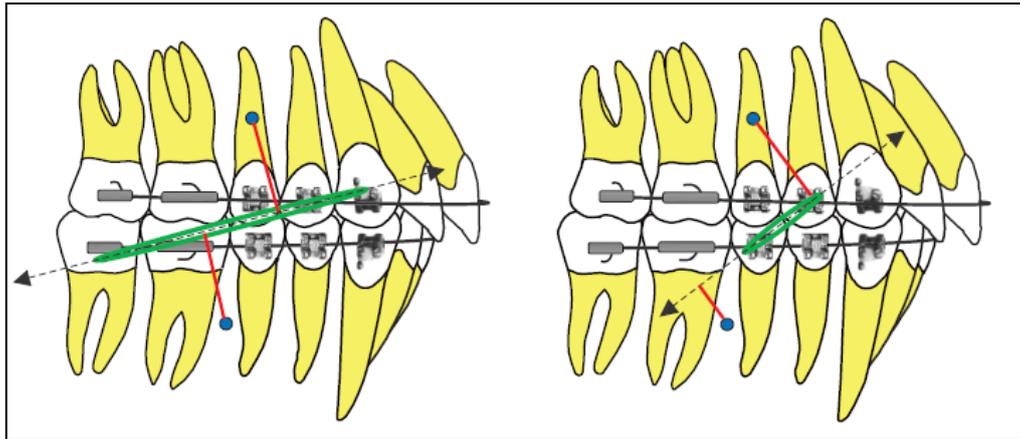


Figure.74 : Comparaison de l'effet de bascule du plan d'occlusion entre les TIM de classe II courtes et longues<sup>(271)</sup>

Les points d'ancrages des élastiques de classes II sont donc distants du centre de résistance des arcades. Les composantes sagittales, et verticales de ces tractions entraînent une bascule du plan d'occlusion en bas et en avant. Cet effet est moindre avec des tractions élastiques de classe II courtes, ou la ligne d'action se rapproche du centre de résistance des arcades (Fig75)

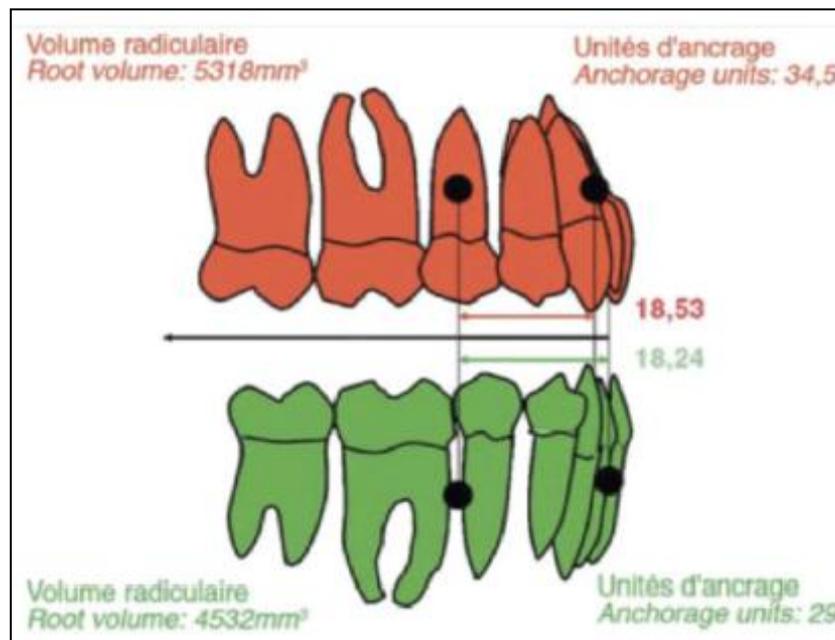


Fig.75. Position des centres de résistance des arcades dentaires<sup>(272)</sup>

#### 5.4.5. Effets des TIM de classe II

Nous avons retrouvé au cours de notre recherche, sur les effets des TIM de classe II, deux courants de pensée bien distincts, ceux qui estiment que les effets des élastiques de classe II

sont strictement dento alvéolaires, avec un certain nombre d'effet parasites. Et ceux qui estiment que les élastiques de classe II sont efficaces dans la correction des malocclusions de classe II, ils auraient même des effets similaires à long terme aux dispositifs orthopédiques fonctionnels de classe II. En effets, certaines études se sont intéressées aux effets des élastiques de classe II seuls, alors que d'autres ont comparé leur effets à d'autres dispositifs de traitement de la classe II, qu'ils soient fixes ou amovibles. Il nous semble alors nécessaire de réaliser une revue de la littérature sur les différents effets retrouvés avec les élastiques de classe II.

#### **5.4.5.1 Effets des élastiques de Classe II « seuls »**

Janson <sup>(270)</sup> a réalisé une revue systématique de la littérature, pour évaluer les effets des élastiques dans la correction de malocclusion de classe II .Il estime que les élastiques de classe II ,sont efficaces pour corriger les malocclusions de classe II et que leurs effets sont principalement dento-alvéolaires. Il conclut que leurs effets sont similaires sur le long terme à ceux produits par des appareils fonctionnels.

Il semble qu'à long terme, il n'y a pas différences pertinentes entre les effets du traitement produits par des appareils fonctionnels, et des élastiques de classe II, puisque les deux protocoles ont une prédominance des effets dento-alvéolaires comme résultat durable. Selon cet auteur, la conviction que les appareils fonctionnels ont principalement des effets squelettiques, comparés aux élastiques de classe II, n'est pas basé sur des preuves scientifiques solides. En effet, la plus grande majorité des études portant sur les élastiques de classe II, sont souvent biaisées par le manque de description des protocoles d'utilisation des élastiques de classe II: par exemple, diamètre, résistance, prescription, fil approprié, durée de port, coopération des patients, coefficient de frottement (fil-bracket), l'importance de la surcorrection, croissance différentielle. Ce sont là des questions pertinentes, concernant la stabilité des résultats et qui sont parfois ignorées par notre communauté scientifique.

Uzel & Uzel<sup>(271)</sup> ont examiné les effets squelettiques et dento-alvéolaires propres des élastiques de classe II ,sur une technique segmentée avec des « Utility Arches (USA)». Les patients traités devaient porter les élastiques 24h sur 24 avec une traction de « 3.5 onces ». Les effets sont évalués par céphalométrie après 8.5 mois de traitement et en comparaison avec un groupe contrôle.

### **5.4.5.1.1. Effets squelettiques des élastiques de classe II**

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. Uzel observe une augmentation significative de la hauteur faciale inférieure de 1.9° du groupe traité par rapport au groupe contrôle<sup>(271)</sup>

Ces résultats sont en accord avec les études de Nelson,<sup>(127,128)</sup> Gianelly<sup>(274)</sup> Edwards, Langlade<sup>(38)</sup>, Reddy<sup>(275)</sup> et Combrink<sup>(34)</sup> qui retrouvent essentiellement des effets dento-alvéolaires.

Dans l'étude de Nelson<sup>(127)</sup>, 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).

### **5.4.5.1.2. Effets dento-alvéolaires des élastiques de classe II**

#### **A l'arcade maxillaire**

Dans l'étude de Uzel<sup>(271)</sup>, les incisives supérieures sont linguoversées de 7.4° par rapport au groupe contrôle. Aucun effet vertical statistiquement significatif par rapport au groupe contrôle n'est retrouvé (probablement due à la force ingressive imprimée par l'UA). Une étude in vitro, réalisée par Xu<sup>(276)</sup>, 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.

Les molaires supérieures ne présentent pas de changement statistiquement significatif par rapport au groupe contrôle. 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<sup>(271)</sup>, démontre de manière significative et en comparaison avec un groupe contrôle que les incisives inférieures se sont vestibuloversées de 4.3°, intrusées de 0.8mm.

Les molaires mandibulaires, dans cette étude, se retrouvent avec une mésialisation de 1 mm supplémentaire au groupe contrôle. Elles sont aussi plus extrusées de 1.7 mm.

### **5.4.5.1.3. 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).

Plus récemment, Vaida<sup>(269)</sup> en 2019 conclut dans son étude, que les élastiques de classe II sont une méthode thérapeutique efficace pour la correction des malocclusions de classe II et pour la stimulation de la croissance mandibulaire des patients en pleine croissance. Cependant il estime que l'efficacité de ces élastiques dépend de l'intensité des forces prescrites et de la fréquence du remplacement de l'élastique. Selon cette étude, de meilleurs résultats thérapeutiques sont obtenus, lorsque des élastiques de forces légères (moins de 4oz) sont appliqués, avec un changement plus fréquent, deux fois par jour au lieu d'une fois jour.

### **5.4.5.1.4 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. Des études expérimentales animales ont mis en évidence des changements au niveau du condyle et de la fosse glénoïde avec un traitement par TIM de classe II<sup>(277)</sup>.

En 2014 une étude chinoise<sup>(278)</sup> compare le remodelage condylien chez les patients traités par TIM de classe II et par Twin block. Les TIM de classe II augmentent significativement le diamètre condylien. Cependant, aucune différence significative n'est mise en évidence lors de la comparaison avec le Twin bloc.

Sebasis<sup>(279)</sup> compare le position du condyle de patients traités par TIM de classe II, à ceux traités par bielles de Herbst, et à ceux présentant une occlusion jugée comme « idéale » (groupe contrôle). A 06mois, et à l'arrêt des TIM (2.6 ans). La comparaison du groupe TIM au groupe contrôle, montre une absence de différence significative de la position condylienne

à 6 mois, tandis qu'une verticalisation de la position condylienne (défavorable à la correction de la malocclusion de classe II) est observée à 2.6 ans. La comparaison du groupe TIM au groupe Herbst montre une position condylienne plus sagittale dans le groupe Herbst et plus verticale dans le groupe TIM en conclusion, les TIM de classe II n'ont pas un réel effet articulaire favorable au traitement de la classe II.

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.

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 crane.

Plus récemment, Wei<sup>(280)</sup> en 2020 a démontré à l'aide de coupe tomographiques CBCT que Le traitement à l'aide d'un appareil Herbst accélère la croissance condylienne par rapport à un traitement orthodontique avec des élastiques de classe II. La croissance condylienne postérieure sagittale se manifestait principalement pendant la phase orthopédique avec appareil de Herbst, les gains condyliens verticaux se sont produits dans une ampleur égale pour les deux dispositifs.<sup>(264)</sup> Cela confirme encore une fois que les effets squelettiques des TIM de classe II seraient principalement limités au sens vertical.

#### **5.4.5.2. Effets des élastiques de classe II en comparaison avec d'autres dispositifs de propulsion fixes**

##### **5.4.5.2.1. Élastiques de classe II versus Bielles de Herbst**

Nelson et ses collaborateurs<sup>(127)</sup>, dans leurs études en 2000 et 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. 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. Les résultats montrent qu'à 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. A 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.

#### **5.4.5.2.2. Élastiques de classe II versus Forsus Fatigue Resistant Device (FFRD)**

L'étude de Jones<sup>(126)</sup> est celle qui se rapproche le plus de notre étude. En effet elle compare les effets de ces deux dispositifs sur 40 patients, mais l'analyse céphalométrique utilisée est différente de la notre. Les résultats obtenus sont comme suit :

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.

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.

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.

Dubois<sup>(281)</sup> a comparé prospectivement des patients traités avec des bielles Forsus™ avec des patients portant des élastiques intermaxillaires de classe II. La durée d'observation est de 6 mois. Les résultats n'ont pas pu mettre en évidence aucun changement squelettique maxillaire

ou mandibulaire. Le Forsus™ a démontré une bascule arrière significative des incisives supérieures et une bascule avant des incisives inférieures, ainsi qu'un changement d'inclinaison du plan occlusal.

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

## 6. Étude clinique

## **6. Étude clinique**

De nombreuses techniques et appareils orthodontiques sont utilisés par les orthodontistes, afin de traiter les malocclusions de classe II. Les appareils fonctionnels de classe II ont montré au cours des années, leur grande efficacité dans le traitement de ces anomalies, chez des patients en pleine croissance.

Les appareils fonctionnels amovibles sont très utilisés dans notre pays et leur efficacité n'est plus à prouver. De même que les élastiques intermaxillaires, qui sont aussi assez efficaces à long terme dans le traitement des classe II modérées, avec peu d'influence sur le profil. Cependant ces deux types de traitement dépendent fortement de la coopération des patients pour leur efficacité, or la coopération en orthodontie est variable et difficile à prévoir. Une mauvaise coopération peut conduire à de mauvais résultats et à un allongement du temps de traitement.

Les appareils fonctionnels fixes, représentent alors une bonne alternative, permettant ainsi d'optimiser les résultats de nos traitements et de s'affranchir de la coopération du patient. Néanmoins, malgré leur grande efficacité prouvée par de nombreuses études et leur grande usité aux USA et en Europe, ces dispositifs fixes restent peu connus et très peu utilisés dans notre pays. Pays rappelons le, ou les malocclusions de classe II représentent un tiers (1/3) de la population orthodontique. <sup>(12)</sup>

C'est ce qui nous a poussées à mener une étude analytique et comparative, afin de connaître les effets réels de ces dispositifs de propulsion sur les bases maxillaires, dans un premier temps et comparer ces effets à ceux obtenus avec des tractions inter-maxillaires de classe II (TIM).

### **6.1. But de l'étude**

Analyser les effets des bielles de propulsion fixes type Forsus FFRD sur les maxillaires et les dents et comparer ces effets à ceux obtenus avec les élastiques de la classe II bien portés. Leurs effets seront comparés sur la base de téléradiographies céphalométriques de profil.

#### **6. 1.1. Objectif principal**

Évaluer à court terme, les éventuels effets squelettiques des bielles fixes sur les bases maxillaires, en le comparant à ceux obtenus avec des TIM de classe II.

### **6.1.2. Objectifs secondaires**

- Évaluer et comparer les effets dentaires des deux dispositifs.
- Comparer le confort du patient, vis avis de ces deux appareils utilisés, ainsi que leurs éventuels effets indésirables (hygiène buccale, blessure, douleur..).

## **6.2. Patients et méthode**

### **6.3. 6.2.1. Type de l'étude**

Ce projet de recherche est une étude prospective (analytique et comparative) non randomisée. Comparant les effets des bielles de propulsion fixes type « Forsus FFRD » à ceux obtenus avec des tractions intermaxillaires de classe II bien portés.

### **6.2.2. Population d'étude**

Enfants des deux sexes âgés de 10-14 ans, présentant une malocclusion de classe II squelettique moyenne, à modérée.

### **6.2.3. Lieu de l'étude**

Le recrutement, le traitement, ainsi que le suivi des malades ont été réalisés au niveau du service de médecine dentaire *Zabana*, Centre Hospitalo-Universitaire *Frantz Fanon* de *Blida*.

### **6.2.4. Critères d'inclusion**

- Enfants des deux sexes, âgés de 10 à 14 ans, présentant une classe II squelettique, pour lesquels le consentement des parents a été obtenu.
- Patients présentant une classe II moyenne, à modérée avec un décalage antéropostérieur évalué par l'angle ANB qui varie entre 5° et 8°.
- Patients ayant une classe II squelettique par rétromandibulie, associée ou non à une prognathie maxillaire.
- Patient se situant dans sa période de croissance active.

### 6.2.5. Critères de non inclusion

- Patient ayant moins de 10ans, ou plus de 14ans.
- Patient ayant dépassé le pic de croissance.
- Patient dont le décalage antéropostérieur évalué par l'angle ANB, est plus grand que 8°.
- Patient présentant une classe II squelettique par prognathie maxillaire seule.
- Patient souffrant de troubles de la croissance et/ou et de troubles mentaux.
- Patient ayant les 1ere molaires supérieures fortement délabrées.
- Patients ayant une allergie connue au latex, ou à certains métaux (nickel, chrome, cobalt...).
- Patients présentant une forte hyperdivergence faciale.

### 6.2.6. Taille de l'échantillon

La taille de l'échantillon (n) a été calculée selon la méthode **Fleiss** en utilisant le logiciel **Open.epi** (version 3.0).

- avec : Un risque d'erreur  $\alpha=5\%$ .

Une puissance de 80%.

Un rapport de risque relatif RR=1.8

Un rapport de taille d'échantillon exposé/ non exposé =1

La taille de l'échantillon (n) est donc de : 79 patients, selon la méthode de Fleiss.

Notre taille échantillonnale sera élargie à 80 patients et ce en prévision des perdus de vue, et des cas qui, pour une raison ou une autre, seraient inexploitable lors de l'analyse statistique.

### 6.2.7. Recrutement de malades

Les patients ont été recrutés en consultation d'O.D.F au service de médecine dentaire *Zabana*, au niveau du CHU *Franz-Fanon* de *Blida*, orientés par les chirurgiens-dentistes de l'hygiène scolaire, C.H.U, polycliniques et praticiens libéraux de la région de *Blida*, *Ain Defla* et *d'Alger*.

Nous avons consulté plus de 345 patients au niveau de la consultation d'ODF de la clinique *Zabana*. Le recrutement des patients a débuté en juin 2017 et s'est terminé en Décembre 2018, date à laquelle nous avons atteint notre taille échantillonnale (notre étude a été menée jusqu'en Décembre 2020, soit 3 ans et 5 mois).

Les patients retenus ont reçu un consentement éclairé, qu'ils devaient dûment lire et faire signer par leurs parents, avant de commencer le traitement. (Consentement éclairé en annexe n°1)

Le diagnostic des malocclusions de classe II, était posé selon une double évaluation clinique et céphalométrique, qui nous a permis de sélectionner notre population d'étude.

Chaque patient sélectionné, a fait l'objet d'une anamnèse, d'un examen clinique complet, d'une prise d'empreintes et de photos intra et extra-buccales et d'un examen radiologique incluant ; une radio panoramique et une téléradiographie de profil prise en OIM.

**Sur le plan clinique**, nous avons recherché :

- Une incompetence labiale avec absence de Stomion.
- Des incisives supérieures apparentes et en avant (proalvéolie).
- Une convexité du profil, avec un menton fuyant et en retrait (rétrogénie).
- Des rapports de classe II molaire et canine (arcade inférieure distalée par rapport à l'arcade supérieure).
- Un overjet augmenté supérieur à 4 mm.

**Sur le plan Céphalométrique**, des valeurs céphalométriques (qui seront décrites dans la partie "critères de jugement") réalisées sur la première téléradiographie à la main et par un seul opérateur, nous ont permis d'établir dans un 1<sup>er</sup> temps, un diagnostic précis de la malocclusion de classe II et de confirmer ainsi l'éligibilité des patients retenus. Elles ont été utilisées, dans un 2<sup>ème</sup> temps sur la deuxième téléradiographie après traitement, pour évaluer les changements squelettiques et alvéolaires obtenus après traitement.

Des fiches cliniques conçues pour chaque évaluation ont été réalisées afin d'assurer la sélection judicieuse et le suivi des cas à traiter (*Fiche clinique en annexe n°2*).

Une fois le diagnostic de classe II squelettique posé, une remise en état de la cavité buccale des patients a été réalisée avant toute prise en charge orthodontique.

## **6.2.8. Matériels utilisés pour l'étude**

### **6.2.8.1. Personnel disponible**

- Un seul opérateur (Maitre-assistant) du service d'O.D.F du CHU de Blida.
- Personnel paramédical : Assistant dentaire du même service.

### **6.2.8.2. Moyens matériels**

#### *✓ Produits consommables*

- Matériaux de prise d'empreinte (Alginate).
- Brackets (Roth .022), bagues et tube molaires.
- Composite orthodontique photo-polymérisable.
- Ciment de scellement orthodontique, band lock.
- Fils orthodontiques de différents diamètres et sections :
  - Fil en NITI rond (.012, .014, .016, .018) et rectangulaire (.016\*.022-.0.17\*.025).
  - Fil en acier rond (.018) et rectangulaire (.017\*.025\_0.18\*.025).
  - Fil en TMA (.019\*.025).
  - Ligature orthodontiques. (Élastomériques et métalliques).
- Élastiques inter maxillaires de classe II. (3/16" ,4 Oz, Medium)
- Mini crochets pour élastiques intermaxillaires.

#### *✓ Produits non consommables :*

- Fauteuil dentaire
- Une lampe photo-polymérisante
- Pinces orthodontiques : précelles orthodontiques, pince coupe ligature, pince coupé distale, pince Weingart, enfonce bagues, débagueur...).
- Matériels à empreinte : porte empreinte, bol et spatule à alginate.
- Correcteur myofonctionnel de classe II fixe. (Forsus FFRD).
- Un appareil photographique numérique Nikon d3300, avec objectif 18-50mm.

### **6.2.9. Déroulement de l'étude**

Les étapes cliniques se sont déroulées comme suit (Tableau III) :

**T0** : Examen clinique (fiche clinique), prise d'empreintes haut et bas, prise de photos intra et extra buccales, téléradiographie de profil(T0), explication du plan de traitement aux patients et présentation du consentement éclairé aux parents.

**T1** : Mise en place d'un appareil fixe multiattache bimaxillaire pour l'alignement préliminaire. (Environ 6 à 14 mois).

L'alignement préliminaire terminé, répartition des patients en deux groupes, selon leur degré de coopération et mise en place de l'appareil myofonctionnel choisi (bielles FFRD ou TIM de cl II).

Environ deux mois après la mise en place du traitement myofonctionnel, le questionnaire sur le confort sera remis aux patients (questionnaire sur le confort en annexe n°3), afin qu'ils y répondent avec l'appareil en bouche.

**T2** : Dépose de l'appareil myofonctionnel après 06 mois de traitement, une deuxième téléradiographie de profil a été réalisée(T2), afin d'apprécier les effets des ces appareillages, ainsi que des photos intra-et extra buccales.

Seuls les temps T0et T2 seront pris en considération pour comparer les deux traitements.

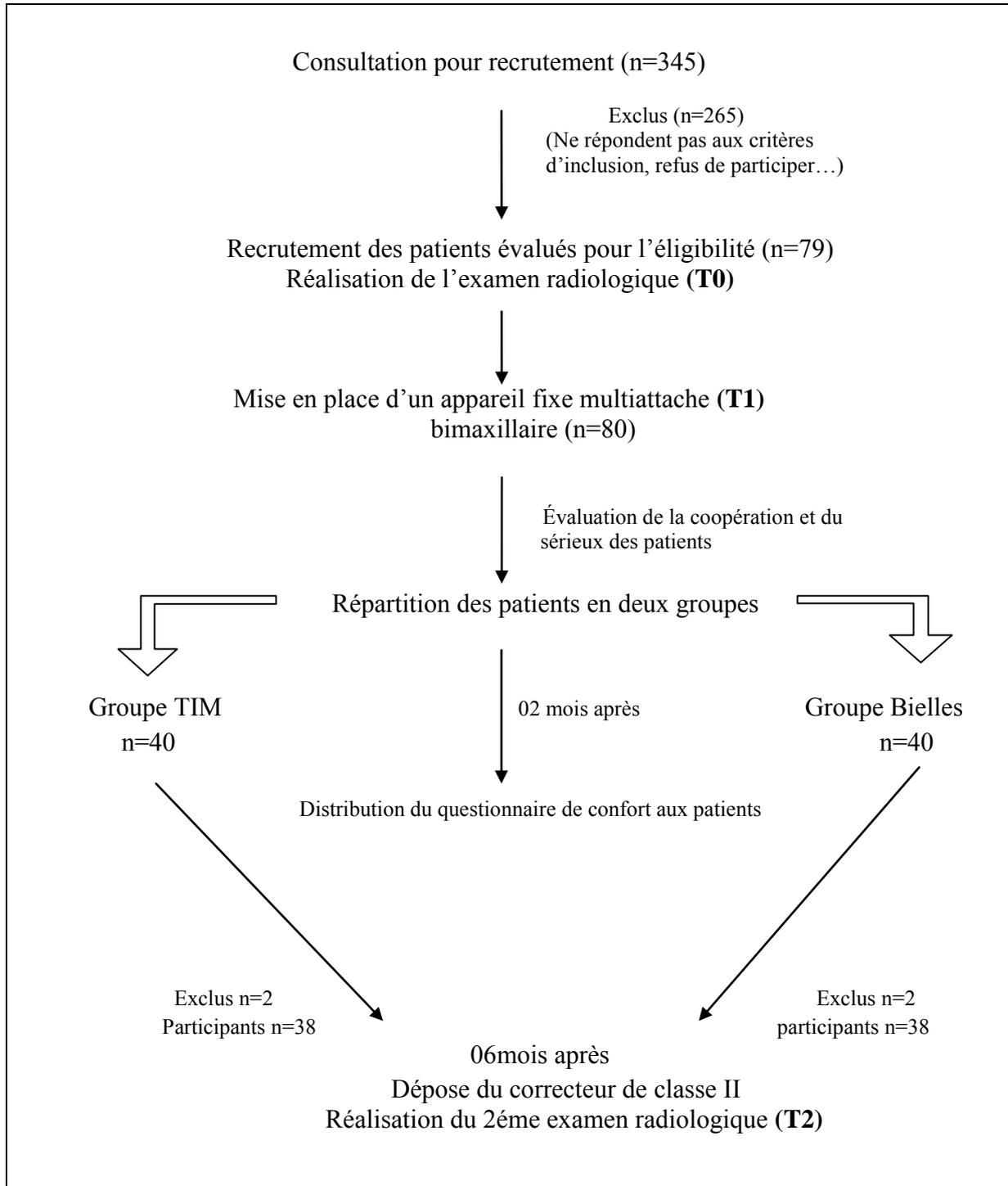
Après recrutement des patients répondant aux critères d'inclusion, nous avons établi pour chaque patient, un dossier orthodontique complet comportant :

- Une fiche clinique.
- Un consentement écrit lu et signé par les parents du patient.
- Des photographies intra-et extra-buccales.
- Des moulages
- Une radiographie panoramique.
- Une téléradiographie de profil (T0), cette radiographie initiale nous a permis de

confirmer notre diagnostic initial mais aussi l'éligibilité du patient vis avis des critères d'inclusion.

Une fois le diagnostic de classe II squelettique posé, une remise en état de la cavité buccale des patients a été réalisée avant toute prise en charge orthodontique.

Tableau III : Déroulement de l'étude



Par la suite les patients ont reçus un traitement fixe multiattache bimaxillaire, qui s'est déroulé comme suite :

- Un collage orthodontique bimaxillaire : une première étape de nivellement était nécessaire, avant de recevoir des sections de fil plus lourdes. Des fils à mémoire de forme en Nitinol

(.012, .014, .016 et .018), mais aussi des fils ronds en acier (.016, .018) ont été utilisés lors de cette étape.

- Une fois les deux arcades nivelées, nous avons procédé à la mise en place de sections rectangulaires de fil en Niti dans un premier temps, suivi d'arcs en acier de .016×.022-.017×.025 et enfin en TMA .019×.025. La durée de cette étape variée d'un patient à un autre ; de 06 à 14 mois

- Durant toute cette période, nous avons pu à travers les différents rendez vous, apprécier l'assiduité du patient et son sérieux vis à vis de son traitement (respect des RDV, respect des règles d'hygiène), ce qui nous a permis de répartir les patients en deux groupes.

### **6. 2.10. Répartition des patients**

Les tractions intermaxillaires "TIM" sont des dispositifs amovibles, c'est à dire qui peuvent être mis et enlevés par le patient , contrairement au bielles de propulsion qui sont fixées par le praticien jusqu'a la fin du traitement .Afin de pouvoir comparer les effets de ces deux dispositifs, les TIM devront donc être portées 24h/24.Ceci ne sera possible que si les patients sont coopérants et sérieux. C'est pour cela que la coopération des malades a été évaluée durant la phase de nivellement préliminaire, sur la base de : la rigueur, l'hygiène bucco-dentaire, l'assiduité de la présence aux rendez-vous, de l'attitude et la coopération en général du patient. Les patients répondant à ces critères ont été placés dans le groupe «élastiques», afin de pouvoir vérifier l'efficacité réelle de ceux-ci. Les patients dont la coopération été jugée moindre durant la phase d'alignement préliminaire, ont été donc placés dans le groupe « Bielles FFRD».

Notre étude a donc concernée deux groupes, avec deux correcteurs de classe II différents : un groupe traité par des bielles de propulsion fixe « FFRD » et un groupe traité par des tractions intermaxillaires de classe II (TIM).

- Dans le groupe Bielles, Nous avons placé la tige de poussée du FFRD de la 1<sup>ère</sup> molaire supérieure à la face distale de la canine inférieure, en respectant la taille indiquée par la réglette pour chaque patient.

- Dans le groupe TIM, les élastiques entaient portés de la 1<sup>ère</sup> molaire supérieure à la canine inférieure et devaient être changés toute les 24h.

Les patients des deux groupes ont été contrôlés tous les mois (consultation mensuelle). Les bielles ont été activées si nécessaire au bout de 02mois de port.

Après 2 mois, les patients ont été invités à remplir un questionnaire (*questionnaire en Annexe n°3*) dans lequel ils ont été interrogés sur les problèmes rencontrés avec leur appareillage (douleur, blessure, gêne pendant les repas...).

L'appareil a été retiré après six mois de port, des photographies et une deuxième téléradiographie de profil ont été réalisées.

## 6.2.11. Description des deux appareils utilisés

### Les élastiques intermaxillaires de classe II

Les tractions intermaxillaires utilisées sont ; des élastiques en latex placés de la canine supérieure jusqu'au crochet de la molaire inférieure, sur des fils rigides. Les élastiques ont un diamètre de 4.8mm (3/16''), Taille ; Medium, La force délivrée est de 4oz (environ 127.57 g par côté), soit 240gr pour les deux cotés. Cette force se rapproche de celle délivrée par le FFRD (220gr). (Fig76-a)

Les élastiques doivent être portés 24h/24h. Les patients peuvent les retirer uniquement aux moments des repas et lors du brossage des dents. Ils doivent être changés tous les jours (24h) En cas de rupture, ou de perte d'un élastique, le patient doit immédiatement le remplacer par un autre.



Fig76-a : Élastiques inter-maxillaires utilisés  
CHU Blida. Service de médecine dentaire

### Les bielles de propulsion fixes « *Forsus Fatigue Resistant Device* » "FFRD".

Les bielles Forsus sont composées d'un système télescopique fait de deux pièces :

Un ressort appelé le *EZ2 Module* ; qui s'insère dans un tube de « Headgear » sur les premières molaires supérieures. (Fig76-b)

Une tige de poussée « *push rod* » qui permet un ajustement en longueur. Elle est disponible en six longueurs, ainsi qu'en versions droite et gauche. (Fig76-b)

Ce module (ou ressort) est fait de nickel-titane. Une petite règle, fournie par le fabricant, est utilisée afin de déterminer la longueur optimale de la tige de poussée, qui permettra une propulsion adéquate de la mandibule. La mesure est prise du distal du tube de la molaire supérieure, jusqu'à la face distale de la canine inférieure. (Fig.76-b)



Fig76-b : Forsus Fatigue Resistant Device « FFRD »  
*CHU Blida. Service de médecine dentaire*

## 6. 2 .11.Critères de jugements

Les changements apportés par les deux traitements ont été évalués, en comparant les deux téléradiographies de profil prises avant(T0) et après traitement(T2).Les différents clichés ont été réalisés par le même opérateur. Les téléradiographies de profil ont été prises avec les mêmes points de repère pour chaque patient (distance source-objet de 3 mètres). Des tiges stabilisatrices au niveau du Nasion et des conduits auditifs externes, sont fixes sur l'appareil radiologique.

Afin de diminuer le biais lié aux erreurs de repérage et d'interprétation, tous les tracés céphalométriques ont été réalisés à la main, par le même opérateur.

### 6.2.11.1. Analyses et mesures céphalométriques utilisées

L'analyse céphalométrique utilisée sera principalement l'analyse de Pancherz,<sup>(73)</sup> à laquelle quelques valeurs de l'analyse de Tweed ont été ajoutées.

L'analyse de Pancherz visualise la dimension sagittale de la mandibule, la réponse mandibulaire, la position du maxillaire et les déplacements dento-alvéolaires. Elle permet de quantifier et de différencier les mouvements des bases osseuses, de celles des dents. Pour apprécier les changements dans le sens vertical, nous avons également utilisé quelques valeurs de l'analyse de Tweed et l'index vertical de Horn<sup>(282)</sup>. L'analyse de Pancherz est communément retrouvée dans les études dédiées à la correction de la classe II, nous pouvons citer : Akinin<sup>(283)</sup>, Ruff<sup>(90)</sup>, Le Goff<sup>(284)</sup>, O'Brien<sup>(285)</sup>, Read<sup>(286)</sup> et Casult<sup>(287)</sup>.

### 6.2.11.2. L'Analyse de PANCHERZ

Toutes les valeurs étant mesurées par rapport à la ligne de référence OLp.

La ligne occlusale de référence utilisée dans notre étude est la ligne occlusale maxillaire (Birkenkamp2004). La perpendiculaire à l'OL passant par le point sella définit l'OLp (ligne occlusale perpendiculaire). La ligne occlusale OL, la perpendiculaire OLp et la ligne de sellation SNL du tracé avant traitement sert de lignes de référence pour l'évaluation des déplacements post-traitement. (Fig.77)

#### ➤ Points utilisés

- **ss (subspinal)** : point le plus en arrière de la concavité antérieure de l'os alvéolaire maxillaire déterminé par une tangente perpendiculaire à OL. (Fig.77)
- **Pog (pogonion)** : point le plus antérieur du menton déterminé par une tangente perpendiculaire à OL.
- **Co (condylion)** : point le plus supéro-postérieur de la tête du condyle, déterminé par une bissectrice de l'angle formé par les tangentes supérieures et postérieures au condyle, parallèlement à OL et OLP.
- **Na (nasion)** : point le plus antérieur de la suture fronto-nasale.
- **ii (incisif inférieur)** : sommet du bord libre de l'incisive centrale inférieure la plus proéminente.
- **is (incisif supérieur)** : sommet du bord libre de l'incisive centrale supérieure la plus proéminente.

- **mi (molaire inférieur)** : point de contact mésial de la première molaire permanente inférieure, déterminé par une tangente perpendiculaire à OL.

- **ms (molaire supérieur)** : point de contact mésial de la première molaire permanente supérieure, déterminé par une tangente perpendiculaire à OL.

#### ➤ **Mesures utilisées**

- **ss / OLp** = position de la base osseuse maxillaire.
- **Pog / OLp** = position de la base osseuse mandibulaire.
- **Co/OLp** = position des condyles.
- **Pog/OLp plus Co/OLp** = longueur mandibulaire.
- **Co-Pog** = diagonale mandibulaire.
- **is / OLp** = position de l'incisive centrale maxillaire.
- **ii / OLp** = position de l'incisive centrale mandibulaire.
- **ms / OLp** = position de la première molaire maxillaire.
- **mi / OLp** = position de la première molaire mandibulaire.
- **is/ OLp- ii / OLp** = overjet.
- **ms / OLp - mi / OLp** = relation molaire
- **is / OLp moins ss / OLp** = mouvement de l'incisive supérieure dans sa base maxillaire.
- **ii / OLp moins Pog / OLp** = mouvement de l'incisive inférieure dans sa base mandibulaire.
- **ms / OLp moins ss / OLp** = mouvement de molaire supérieure dans la base maxillaire.
- **mi / OLp moins pg / OLp** = mouvement de la molaire inférieure dans sa base mandibulaire.

Outre l'analyse linéaire, les angles suivants ont été également mesurés :

#### ➤ **Mesures ajoutées**

- **SNA** : Angle SN-NA indiquant la position du maxillaire par rapport à la base du crane.
- **SNB** : Angle SN-NB indiquant la position de la mandibule par rapport à la base du crane.
- **ANB** : Angle AN-NB indiquant le décalage sagittal maxillo-mandibulaire.
- **AoBo** : Distance entre les projections orthogonales du point A et du point B sur OL indiquant la relation sagittale maxillo-mandibulaire.
- **FMA** : Angle formé par le plan de Francfort et le plan mandibulaire de Downs indiquant la direction de croissance mandibulaire.

**Axe Y** : Angle formé par le plan de Francfort et la ligne S.Gn , indiquant la direction de croissance faciale

**IFH** : Index facial de Horn =HFP/HFA, indiquant les modifications des proportions verticales de la face.

- **HFA** : La hauteur faciale antérieure totale est mesurée entre la perpendiculaire à Olp passant par le point Na, et la perpendiculaire à Olp passant par le point Menton

- **HFP** : La hauteur faciale postérieure totale est mesurée sur la ligne Olp entre la projection du rebord mandibulaire (point Go) et le point S.

-**I/F** : Angle formé par l'axe de l'incisive supérieure et le plan de Francfort, indiquant la position sagittale de l'incisive maxillaire.

- **IMPA** : Angle formé par l'axe de l'incisive inférieure et le plan mandibulaire. Indiquant la position sagittale de l'incisive inférieure.

- **Le taux de croissance** : déterminé à partir des mesures de la diagonale mandibulaire, de la hauteur du ramus et de la longueur mandibulaire.

$$\text{Taux de croissance} = \frac{\text{Lf} - \text{Li}}{\text{Li}} \times 100$$

Li = longueur initiale  
Lf = longueur finale

-L'étude du profil cutané par rapport à la ligne E de Ricketts.

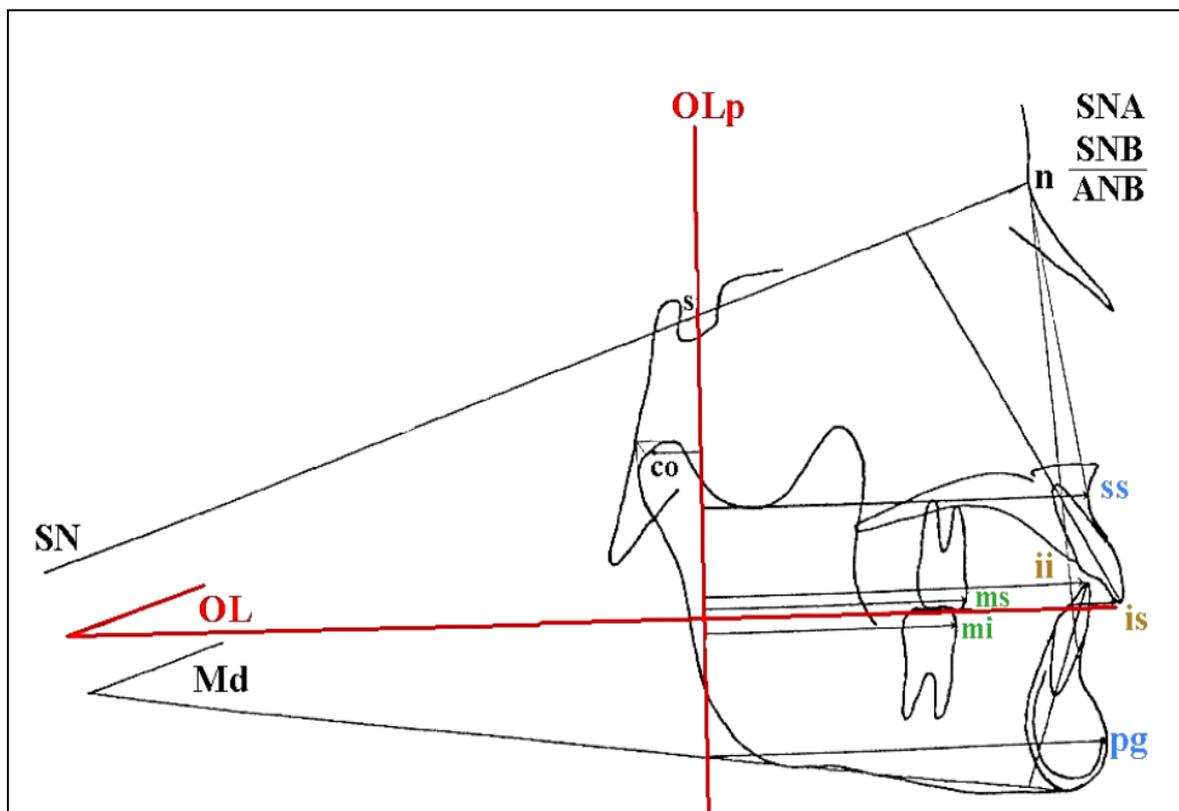


Fig.77 : L'analyse de Pancherz<sup>(288)</sup>

### 6.2.11.3. Critères de jugement principal

C'est la croissance des bases maxillaires, objectivée par :

- Le taux de croissance mandibulaire : Déterminé à partir de la mesure de la longueur mandibulaire  $Olp-Pog$ ,  $Co-Olp$ , et les angles  $SNB$ , et  $ANB$ .
- La diagonale mandibulaire  $Co-Pog$ .
- La hauteur du ramus  $Co-Go$
- Le taux de croissance maxillaire :  $Olp-SS$  et l'angle  $SNA$  de Downs.
- Les modifications des bases osseuses dans le sens vertical : objectivées par les angles :  $FMA$ ,  $AxeY$  et l'index facial  $HIF$ .

### 2.11.4. Critères de jugement secondaire

- Évaluation des déplacements dento-alvéolaires :  $Olp-is$ ,  $Olp-ii$ ,  $is-ii$ ,  $Olp-ms$ ,  $Olp-mi$  et  $ms-mi$ .
- Évaluation du profil cutané (ligne E de Ricketts).
- Évaluation du confort du patient vis à vis de l'appareil porté (questionnaire en annexe n° 3)

### 6.2.12. Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel SPSS (*version.20.IBM*), avec l'aide d'un spécialiste en épidémiologie et médecine préventive de la faculté de Blida.

Une analyse préalable de la distribution des valeurs au sein de chaque groupe, a été effectuée à l'aide d'un test de Kolmogorov Smirnov, puis des tests paramétriques ont été appliqués pour l'analyse des données.

Nous avons d'abord fait une comparaison intra-groupe pour échantillons appariés, afin d'apprécier la différence entre les valeurs de  $T0$  et  $T2$  dans chaque groupe.

Nous avons ensuite comparé les résultats des deux groupes en fin de traitement, à l'aide du test *T de Student* pour échantillons indépendants.

Les variables quantitatives ont été représentées par leurs moyennes, leur écart-type et leur intervalle de confiance à 95%. Le test *T de Student* a été utilisé pour comparer les mesures céphalométriques.

Les variables qualitatives (sexe, stade de maturation, profil et le questionnaire de confort) ont été représentées par leur pourcentage, et leur intervalle de confiance à 95%.

*Le test Chi-2 de Pearson* à été utilisé pour comparer les variables qualitatives.

- La valeur p obtenue indique une différence significative (DS), si P est inférieur ou égal à 0,05.
- La différence P est considérée non significative (DNS) si p est supérieur à 0,05.

# 7. RESULTATS

## 7. Résultats

### 7.1 Caractéristiques et Homogénéité des groupes d'études

La taille de l'échantillon élargie était de 80 patients.

Il existe deux patients (02) perdus de vue dans le groupe propulseurs bielles, et deux (02) patients dans le groupe TIM, qui ont été délibérément exclus de l'étude, par manque de coopération (les patients ne portaient pas bien leurs élastiques, ce qui pouvait fausser nos résultats).

En considérant ces patients exclus, notre échantillon passe de 80 à 76 patients, repartis en deux groupes :

- ✓ 38 patients dans le groupe bielles (**BLL**)
- ✓ 38 patients dans le groupe TIM cl II(**TIM**)

#### 7.1.1. Répartition selon le sexe

Dans le groupe bielles (BLL), la population d'étude était composée de 38 patients, soit 9 garçons et 29 filles.

Dans le groupe TIM, la population d'étude était composée de 38 patients, soit 7 garçons et 31 filles.

La comparaison des deux groupes par le test *Khi-2 de Pearson*, ne montre pas de différence significative dans la répartition des patients dans les deux groupes d'études, selon le sexe (fille, garçons). ( $P=0.779$  . $DNS \geq 0.05$ ).

Tableau IV : Répartition des patients dans les deux groupes selon le sexe

Sexe	Type de correcteur		Total	P
	TIM	BLL		
Masculin	7	9	16	0.78
	18.42%	23.68%	42.10%	
Féminin	31	29	60	
	81.58%	76.32%	57.90%	
Total	38	38	76	
	100%	100%	100%	

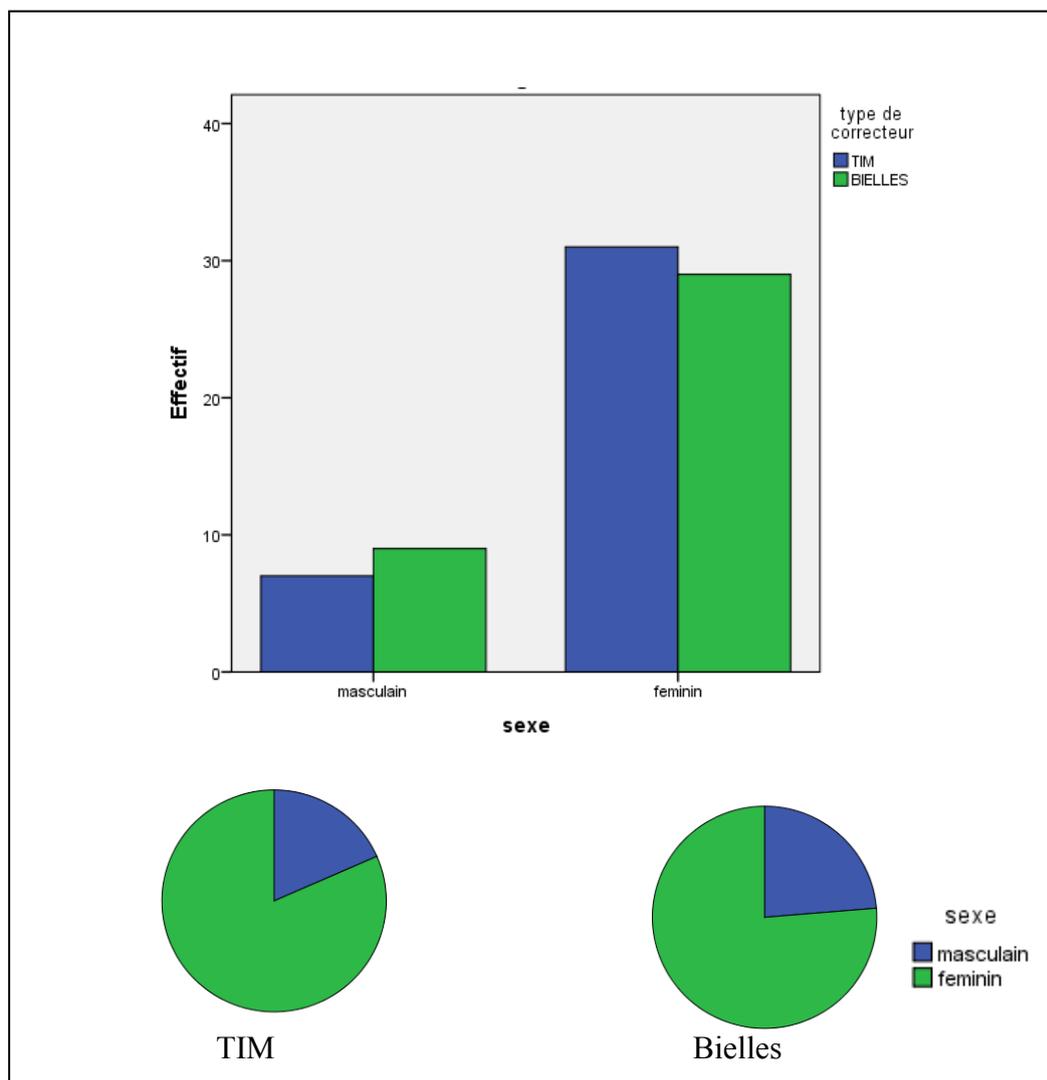


Fig.78 : Répartition des patients dans les deux groupes selon le sexe

### 7.1.2. Répartition selon l'âge :

Les patients recrutés ont un âge compris entre 10 et 14 ans au début du traitement.

- Dans le groupe Bielles ; l'âge moyen est de 12,66(année).
- Dans le groupe TIM ; l'âge moyen est de 12,76 (année)

Tableau V : Moyenne d'âge des patients dans les deux groupes

	Type de correcteur	N	Moyenne	Écart-type	P
Age des patients (année)	TIM	38	12,76	0,998	0.65
	BLL	38	12,66	0,994	

Tableau VI : Répartition des patients selon l'âge

Age du patient (année)	Type de correcteur		Total
	TIM	Bielles	
11	04	05	09
12	12	12	24
13	11	12	23
14	11	09	20
Total	38	38	76

Les résultats du test Khi2 entre les deux groupes ne montre pas de différence significative (DNS) avec un  $P=0.64 \geq 0.05$ .

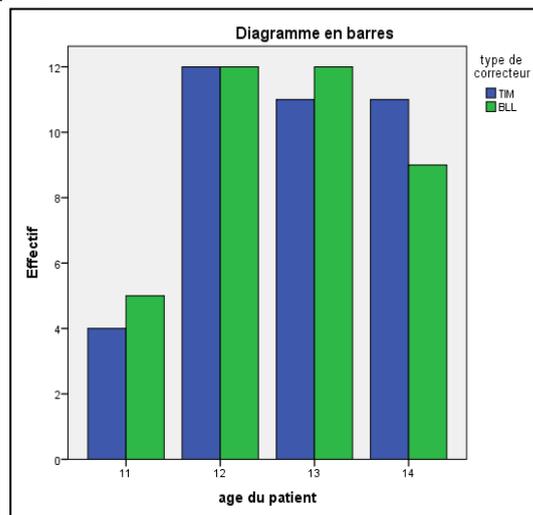


Fig.79 : Age des patients dans les deux groupes

### 7.1.3. Répartition selon le stade de maturation cervicale

Nous avons évalué au début de l'étude le stade de maturation cervicale de chaque patient, selon la classification de Lamparskii<sup>(196)</sup>, grâce à la téléradiographie prise avant traitement (T0). Nous avons retrouvé :

- ✓ 03 patients au stade CS2 dans le groupe TIM, contre 04 dans le groupe Bielles.
- ✓ 25 patients au stade CS3 dans le groupe TIM, contre 27 dans le groupe Bielles.
- ✓ 10 patients au stade Cs4 dans le groupe TIM, contre 07 dans le groupe Bielles.

Le test *Khi2* ne révèle pas de différence significative concernant le stade de maturation cervicale entre deux groupes d'étude. ( $P = 0.668$ .DNS)

Tableau VII : Répartition des patients dans les deux groupes selon le stade maturation cervicale

		TIM		Bielles		Effectif global		P
Stade de maturation cervicale	CS2	03	07,9%	04	10,5%	07	09.5%	0.668
	CS3	25	65.8%	27	71.1%	52	68.4%	
	CS4	10	26.3%	07	18.4%	17	22.4%	
	Total	38	100%	38	100%	76	100%	

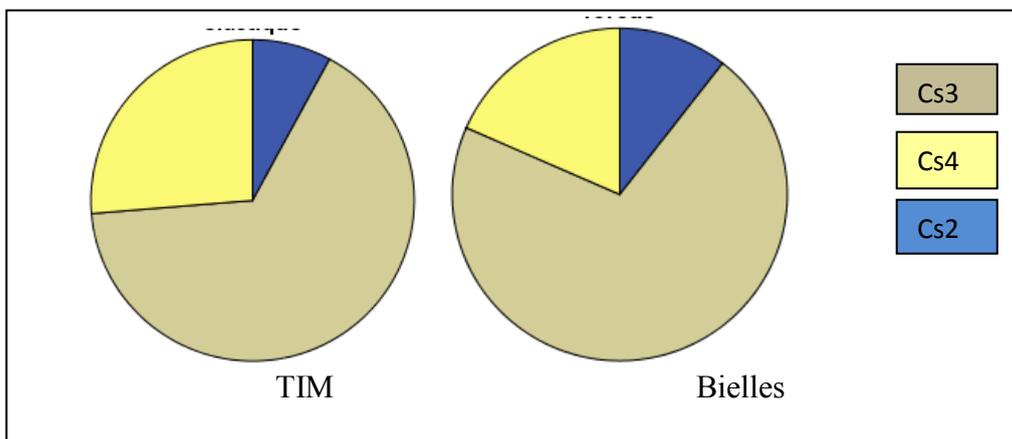


Fig.80 : Répartition des patients dans les deux groupes selon le stade maturation cervicale

### 7.3.4. Répartition selon le profil

La grande majorité des patients des deux groupes présentait un profil convexe avant traitement, sans différence significative. ( $P=0.368.DNS$ )

Tableau VIII : Répartition des patients dans les deux groupes selon le type de profil

Profil	Type de correcteur				Total	P
	TIM		Bielles			
Concave	01	02.63%	00	00%	01	0.368
Convexe	37	97.37%	37	97.37%	74	
Rectiligne	00	00%	01	02.63%	01	
Total	38	100%	38	100%	76	

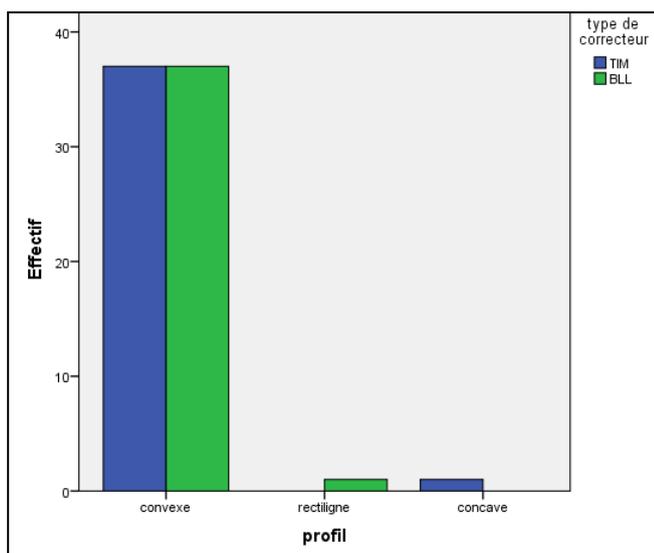


Fig.81 : Répartition des patients dans les deux groupes selon le type de profil

### 7.3.5. Répartition selon les valeurs céphalométriques

Les deux groupes (TIM et BLL) ont été comparés avant traitement selon les paramètres suivants :

- Analyse de Pancherz : OIp.ss -OIp-is, OIp-pog, OIp-ii, is-ii, Co-OIp, Go-OIp, Co-Go, ms-OIp, mi-OIp et ms-ii.
- Valeurs ajoutées : SNA, SNB, ANB, AOBO, FMA, AxeY, IFH, I/F, i/m et ligne E de Ricketts

Les tests statistiques pour groupes indépendants (test de SNEDECOR) ne montrent pas de différence significative entre les deux échantillons, sauf pour l'angle IMPA ou  $P=0.049$ . Même si il s'agit d'une valeur limite, nous avons quand même effectué une régression linéaire uni variée, qui confirme que ce paramètre n'influence pas nos résultats ( $p=0.000$ ). Nos deux groupes sont donc équitablement repartis et peuvent donc être comparés après traitement.

Tableau IX : Répartition des patients dans les deux groupes, selon les valeurs céphalométriques de l'analyse de Pancherz

Variable	Groupes	Effectif	Moyenne	Écart type	P
OLp-ss (mm)	G1 TIM	38	67.32	5.06	0.698
	G2 BLL	38	66.84	5.54	

OLp-is (mm)	G1 TIM	38	76.27	6.21	0.970
	G2 BLL	38	76.22	6.00	
OLp-Pog (mm)	G1 TIM	38	67.50	6.22	0.253
	G2 BLL	38	69.00	5.06	
Pog-ii (mm)	G1 TIM	38	67.50	6.62	0.125
	G2 BLL	38	65.15	6.51	
Is-Olp-ii-Olp Overjet(mm)	G1 TIM	38	5.78	1.75	0.127
	G2 BLL	38	7.11	2.31	
Co-Olp (mm)	G1 TIM	38	8.96	2.82	0.072
	G2 BLL	38	10.26	3.33	
Co-Pog (mm)	G1 TIM	38	95.23	6.47	0.479
	G2 BLL	38	94.05	7.96	
Co-Go (mm)	G1 TIM	38	42.81	5.28	0.541
	G2 BLL	38	43.55	5.18	
ms-Olp (mm)	G1 TIM	38	46.30	4.48	0.752
	G2 BLL	38	45.97	4.56	
mi-Olp (mm)	G1 TIM	38	46.87	4.34	0.311
	G2 BLL	38	44.13	4.69	
mi-ms(mm)	G1 TIM	38	-1.40	1.30	0.151
	G2 BLL	38	-1.92	1.71	
HFA (mm)	G1 TIM	38	98.63	12.79	0.716
	G2 BLL	38	97.92	8.39	
HFP (mm)	G1 TIM	38	60.89	5.93	0.653
	G2 BLL	38	61.50	5.75	
Index facial IFH	G1 TIM	38	0.59	0.08	0.190
	G2 BLL	38	0.62	0.06	

Tableau X : Répartition des patients dans les deux groupes selon les valeurs céphalométriques ajoutées

Variable	Groupes	Effectif	Valeur moyenne	Écart type	P
SNA (degrés)	G1 TIM	38	80.18	1.75	0,054
	G2 BLL	38	80.97	1.80	
SNB (degrés)	G1 TIM	38	73.73	1.82	0,190
	G2 BLL	38	73.31	1.98	
ANB (degrés)	G1 TIM	38	6.44	1.76	0,491
	G2 BLL	38	6.65	1.94	
AoBo (mm)	G1 TIM	38	4.50	0.95	0,195
	G2 BLL	38	4.89	1.44	
FMA (degrés)	G1 TIM	38	29.52	5.57	0.171
	G2 BLL	38	29.89	4.64	
AxesY (degrés)	G1 TIM	38	57.07	4.35	0.341
	G2 BLL	38	57.92	3.21	
I/F (degrés)	G1 TIM	38	118.92	3.82	0.296
	G2 BLL	38	120.13	6.65	
IMPA (degrés)	G1 TIM	38	94.60	5.96	0.049
	G2 BLL	38	99.34	6.49	

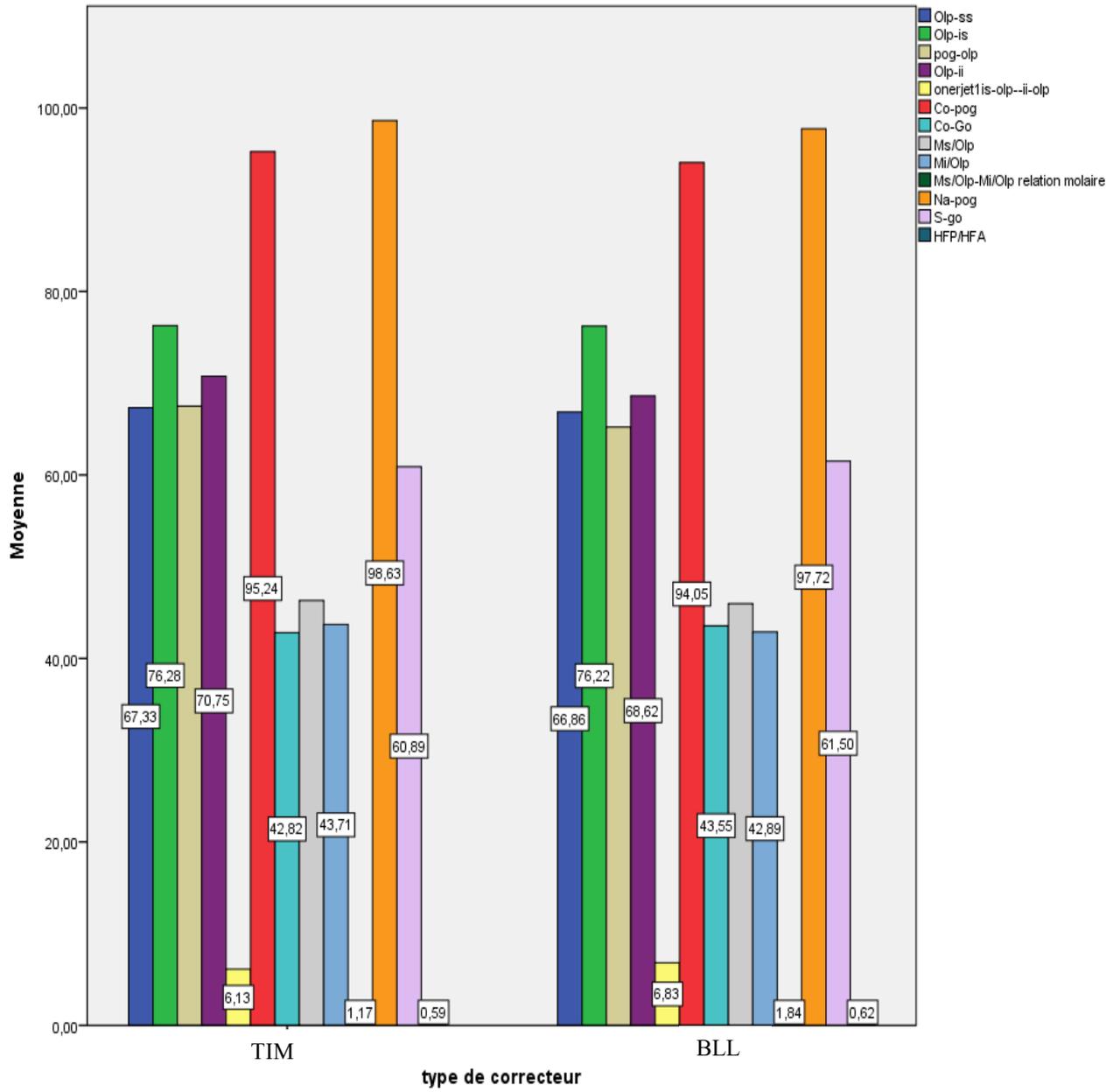


Fig.82 : Homogénéité initiale des groupes pour les valeurs céphalométriques de l'analyse de Pancherz

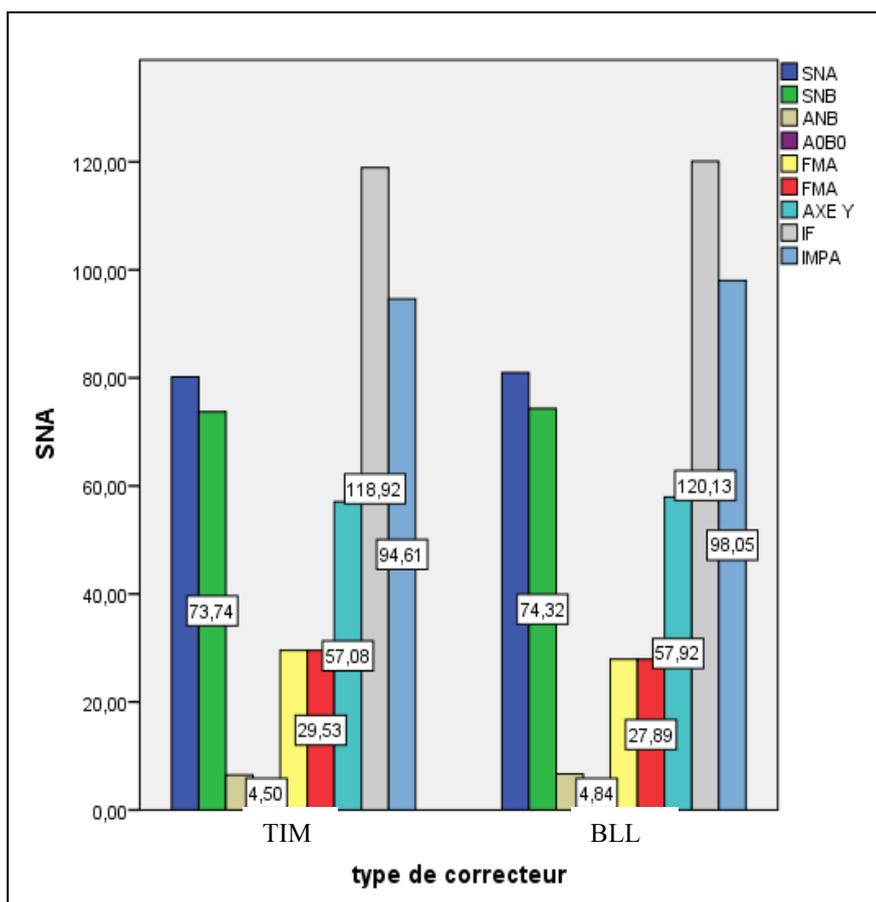


Fig.83 : Homogénéité initiale des groupes pour les valeurs céphalométriques ajoutées.

## 7.2.Comparaison des résultats de l'étude après traitement

Dans notre étude ,notre objectif principal est d'analyser les effets réels des bielles de propulsion fixes, types « FFRD » sur les maxillaires et de comparer ces effets, à ceux obtenus avec des TIM de classe II bien portés.

Nous avons d'abord réalisé une comparaison intra-groupe pour échantillons appariés afin d'apprécier les changements entre T0 et T2, ensuite nous avons comparé les résultats obtenus après traitemnt (T2) entre les deux groupes.

Pour chaque variable, des tableaux comparatifs ont été réalisés.

Chaque tableau est composé de quatre colonnes :

- Une pour les mesures initiales avant traitement (T0), représentées par une moyenne et un écart type.
- Une autre pour les mesures obtenues apres traitement (T2), representées également par une moyenne et un écart type.

- La colonne différence : permet de calculer la différence entre les valeurs T0 et T2 et d'objectiver ainsi l'amplitude du déplacement des structures squelettiques et dentaires
- La dernière colonne P : permet de comparer pour chaque variable, le résultat des deux thérapeutiques et de savoir si il existe une différence statistiquement significative, ou pas, entre les résultats des deux traitements.

Pour chaque paramètre étudié, il existe deux lignes : une pour le traitement avec bielles de propulsion fixe et l'autre pour le traitement avec TIM de classe II.

- Les effets squelettiques sagittaux sur le maxillaire supérieur ont été objectivés par la mesure de : OI-Pog, SNA et le taux de croissance maxillaire.
- Les effets squelettiques sur la mandibule ont été objectivés par les mesures de : La longueur mandibulaire : (OI-Pog, Co-OI), la diagonale mandibulaire : Co-Gn, la croissance ramale Co-Gn, Gn-Pog et le taux de croissance mandibulaire.
- Les effets squelettiques verticaux ont été objectivés par les mesures : FMA, AxeY, IFH
- Les effets dentaires ont été objectivés par la mesure des : Déplacements incisifs : OI-is, OI-ss moins OI-is, OI-ii, OI-Pog moins OI-ii et overjet. Déplacements molaires OI-ms, OI-ss moins OI-ms, OI-mi, OI-Pog moins OI-mi, ms-mi, les angles I/F et i/m.
- Le profil cutané en fin de traitement a été apprécié par rapport à la ligne E de Ricketts.

## 7.2.1. Résultats des analyses intra-groupes

### 7.2.1.1. Groupe Bielles Forsus FFRD

Les résultats de notre analyse intra-groupe pour échantillon apparié dans le groupe Forsus, révèle qu'il y'a des modifications significatives sur presque toutes les variables étudiées sauf pour (Tableau X) :

- L'angle AxeY qui objective la croissance faciale, il reste plus ou moins stable après traitement avec les bielles Forsus (+0.03°). La différence entre les valeurs (T0) et (T2) avant et après traitement n'est pas significative ( $p=0,578.SNS$ ).
- La mesure Ms-OI qui objective la position de la molaire supérieure, révèle une très légère mésialisation (0.13mm) qui n'est pas significative ( $p=0.668.DNS$ ). Nous pouvons alors dire que la position de la molaire supérieure reste stable après traitement.

- La mesure de la hauteur faciale antérieure HFA objectivée par la ligne Na-Pog, augmente après traitement (+3.64mm), néanmoins cette augmentation n'est pas significative ( $p=0.23.DNS$ ).
- L'index de hauteur facial IHF reste plus au moins stable après traitement (+0.1). ( $p=0.23.DNS$ )

Tableau XI : Résultats de l'analyse pour échantillon appariés dans le groupe Bielles

Variables	Différences appariées		P
	Moyenne	Ecart-type	
Paire 1 SNA - SNA2	-1,03895	1,30328	,000
Paire 2 SNB - SNB2	3,50000	1,80633	,000
Paire 3 ANB - ANB2	-4,52211	2,02942	,000
Paire 4 A0B0 - AOBO2	-1,31579	,78345	,000
Paire 5 FMA - FMA2	,71053	,98387	,000
Paire 6 AXE Y - AXEY2	,03684	8,08631	,578*
Paire 7 IF - IF2	-8,34211	4,46776	,000
Paire 8 IMPA - IMPA2	3,52632	3,53925	,000
Paire 9 Olp-ss - Olp-ss2	-1,64474	2,60174	,000
Paire 10 Olp-is - Olp-is2	-3,77632	2,14570	,000
Paire 11 Olp-ii - Olp-ii2	2,11842	2,29992	,000
Paire 12 Is-ii- overjet	-4,11842	2,07766	,000
Paire 13 Co-Olp - Co-Olp2	1,31579	2,91413	,008
Paire 14 pog-olp - pog-olp2	4,23211	2,01511	,000
Paire 15 Co-pog - Co-pog2	5,39474	3,27595	,000
Paire 16 Co-Go - Co-*Go2	2,21053	2,53791	,000
Paire 17 Ms/Olp - Ms-olp2	,13158	1,78690	,668*
Paire 18 Mi/Olp - Mi-olp2	2,28947	5,41224	,013
Paire 19 Ms-Mi-Relation molaire	3,13947	2,05671	,043
Paire 20 S-go - S-go2	4,26316	3,69576	,000
Paire 21 Na-pog - Na-pog2	3,64474	15,80152	,163*
Paire 22 HFP/HFA - HPP/HFA2	,11730	,60246	,238*

\*DS

### 7.2.1.2. Groupe TIM de classe II

Tableau XII : Résultats de l'analyse pour échantillon appariés dans le groupe TIM

Variables	Différences appariées		P
	Moyenne	Ecart-type	
Paire 1 SNA - SNA2	-92368	1,49823	,048
Paire 2 SNB - SNB2	1,71053	1,33372	,000
Paire 3 ANB - ANB2	-,79684	1,41336	,000
Paire 4 A0B0 - AOBO2	-,64474	,70623	,000
Paire 5 FMA - FMA2	3,47368	2,47950	,000
Paire 6 AXE Y - AXEY2	2,57895	2,63687	,000
Paire 7 IF - IF2	-5,57895	2,96494	,000
Paire 8 IMPA - IMPA2	5,94737	5,52120	,000
Paire 9 Olp-ss - Olp-ss2	-,46053	2,70231	,300*
Paire 10 Olp-is - Olp-is2	-2,22368	2,82292	,000
Paire 11 Olp-ii - Olp-ii2	3,25000	2,16155	,000
Paire 12 Is-ii-overjet	-3,07895	2,11662	,000
Paire 13 pog-olp - pog-olp2	,97368	,63446	,003
Paire 14 Co-Olp - Co-Olp2	,25474	1,70543	,382*
Paire 15 Co-pog - Co-pog2	1,42105	1,63792	,000
Paire 16 Ms/Olp - Ms-olp2	0,30263	2,30586	,008
Paire 17 Mi/Olp - Mi-olp2	2,18421	1,98447	,000
Paire 18 Ms-Mi – Relation molaire	2,03105	1,57002	,000
Paire 19 S-go - S-go2	4,71053	4,01287	,000
Paire 20 Na-pog - Na-pog2	7,15789	8,20852	,000
Paire 21 HFP/HFA - HPP/HFA2	,02904	,05063	,001

\*DS

L'analyse intra-groupe pour échantillon apparié dans le groupe TIM, révèle qu'il n'y'a pas de modifications significatives excepté pour deux mesures :

- La mesure Olp-ss qui objective la position de la base maxillaire ; on note un léger recul du point ss (-0.46mm). Néanmoins cette différence n'est pas significative. ( $P=0.30.DNS$ ). Il ne semble pas y avoir d'effet squelettique sur le maxillaire.
- La mesure Co-Olp qui correspond à la croissance postérieure de la mandibule ; révèle que le Point Co reste plus ou moins stable+ 0.25mm. Cependant cette différence n'est pas significative, et ne peut donc pas être prise en considération. ( $P=0.382.DNS$ ).

## 7.2.2. Comparaison des résultats après traitement entre les deux groupes d'étude (Analyse inter-groupes)

### 7.2.2.1. Comparaison des valeurs du sens sagittal de l'analyse de Tweed

Tableau XIII : Comparaison des valeurs de l'analyse de Tweed dans le sens sagittal

Variable	Groupes	T0 (avant traitement)		T2 (après traitement)		Différence		P
		M	ET	M	ET	M	ET	
SNA (degrés)	BLL	80.97	1.71	79.94	2.25	-1.03	1.30	0.009*
	TIM	80.18	1.79	81.10	1.39	+0.92	1.49	
SNB (degrés)	BLL	74.31	1.98	77.81	2.38	+3.50	1.85	0.000*
	TIM	73.73	1.82	75.44	1.92	+1.71	1.33	
ANB (degrés)	BLL	6.65	1.45	2.13	1.74	-4.52	2.03	0.000*
	TIM	6.44	1.17	5.65	2.36	-0.79	1.41	
AOBO (mm)	BLL	4.84	1.30	3.52	0.97	-1.31	0.78	0.520
	TIM	4.50	0.95	3.85	3.85	-0.64	0.70	

\*DS

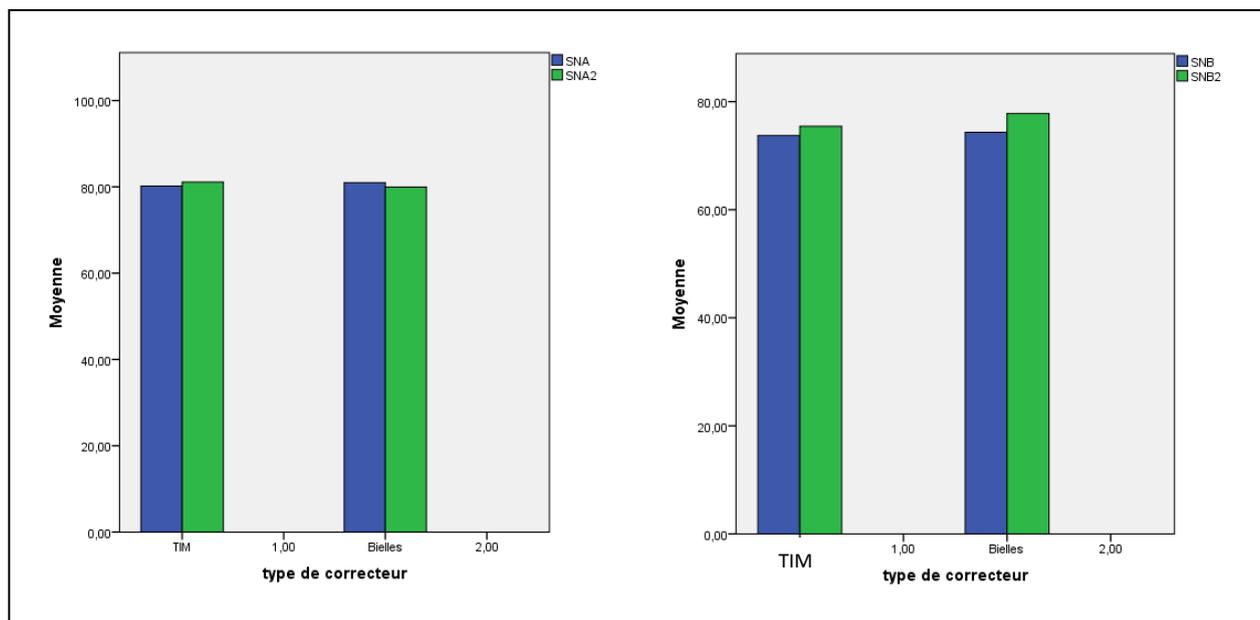


Fig.84 :84-1 Comparaison des valeurs de l'analyse de Tweed dans le sens sagittal (SNA,SNB)

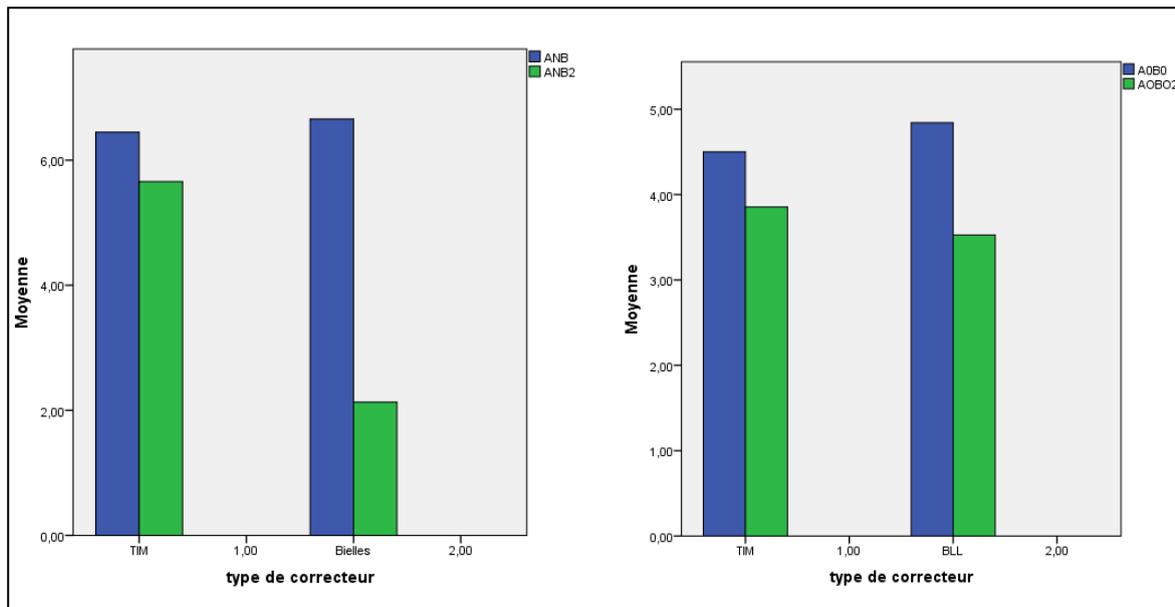


Fig.84 :84-2 Comparaison des valeurs de l'analyse de Tweed dans le sens sagittal (ANB, AOB0)

- L'angle SNA augmente, ou s'ouvre légèrement dans le groupe TIM (+0.92°), alors qu'il diminue de 1.3° dans le groupe bielles et ce de manière significative. ( $P=0.009DS$ ).
- L'angle SNB augmente dans les deux groupes, cependant il s'ouvre davantage dans le groupe bielles (+3.5°) que dans le groupe TIM (+1.71°) et ce de manière significative. ( $P=0.000.DS$ ).
- L'angle ANB qui objective l'amélioration du décalage squelettique diminue d'une manière remarquable dans le groupe bielles (- 4.52°), en comparaison au groupe TIM, ou la fermeture de cet angle est plus faible (-0.79°). Cette différence est aussi significative ( $P=0.000.DS$ ).
- La valeur AOB0 diminue dans les deux groupes, ce qui signe l'amélioration du décalage des bases osseuses de classe II. Il existe néanmoins une petite différence en faveur du groupe bielles (-1.31mm) contre (0.64-mm) pour le groupe TIM, mais cette différence n'est pas statistiquement significative ( $P=0.520.DNS$ ).

### 7.2.2.2. Comparaison des valeurs du sens vertical

Tableau XIV : Comparaison des valeurs de l'analyse de Tweed dans le sens vertical

Variables	Groupes	T0 (avant traitement)		T2 (après traitement)		Différence		P
		M	ET	M	ET	M	ET	
FMA (degrés)	BLL	27.89	4.67	28.60	4.29	+0.71	0.98	0.000*
	TIM	29.52	5.5	33.00	5.35	+3.48	2.47	
AxeY (degrés)	BLL	57.92	4.33	57.95	9.14	+0.03	8.08	0.136
	TIM	57.07	4.35	59.65	3.21	+2.57	2.63	

\*SD

- Il existe une différence significative entre les deux groupes ( $P=0.000.DS$ ), concernant les modifications de l'angle FMA. En effet, l'angle FMA s'ouvre fortement dans le groupe TIM (+3.48°). Cette ouverture est beaucoup moins importante dans le groupe BLL, où l'angle FMA reste plus ou moins stable (+0.71°). Cette augmentation dans le groupe TIM affecte fortement le sens vertical faisant basculer le type de croissance mandibulaire de ce groupe, de « normodivergent » au début à « hyperdivergent » après traitement. FMA passe de 29.5° à 33°, ce qui n'est pas le cas avec le groupe bielles, où les patients gardent le même schéma de croissance mandibulaire à la fin du traitement, à savoir ; normodivergent. (FMA2=28.60°).
- L'angle AxeY qui objective la croissance faciale, reste plus ou moins stable dans le groupe bielles (+0.03°), alors qu'il s'ouvre dans le groupe TIM (+2.57°). Néanmoins cette différence n'est pas statistiquement significative ( $P=0.136.DNS$ ).

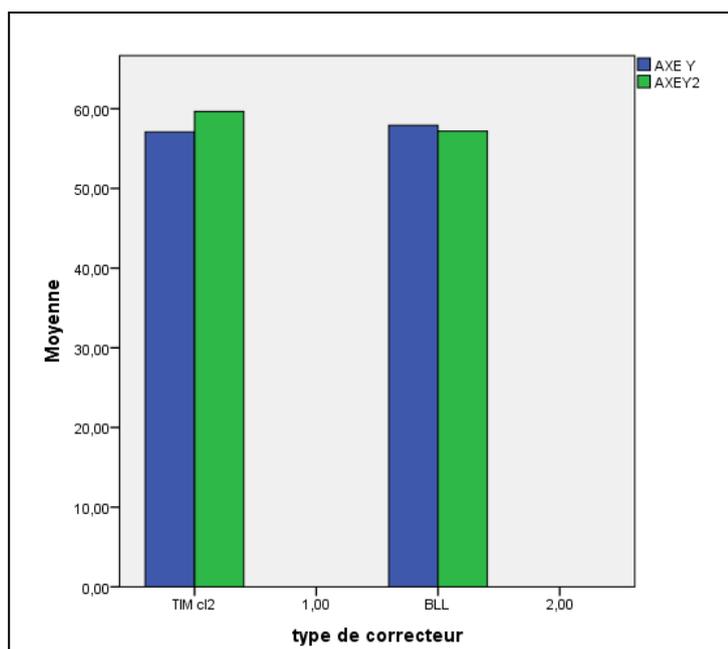


Fig.85 : Comparaison des valeurs de l'analyse de Tweed dans le sens vertical

Tableau XV : Comparaison des valeurs de l'index facial après traitement dans les deux groupes

Variable	Groupes	T0(avant traitement)		T2 (après traitement)		Différence		P
		M	ET	M	ET	M	ET	
HFA (mm)	BLL	97.72	8.32	101.36	16.70	+3.64	15.80	0.150
	TIM	98.63	12.79	105.78	8.43	+7.15	8.20	
HFP (mm)	BLL	61.50	5.75	65.76	5.64	+4.26	3.69	0.906
	TIM	60.89	5.93	65.60	5.91	+4.71	4.01	
INDEX HIF	BLL	0.61	0.06	0.73	0.60	+0.12	0.60	0.272
	TIM	0.59	0.07	0.62	0.70	+0.03	0.05	

- On note que la hauteur faciale antérieure (HFA) augmente dans les deux groupes après traitement, cependant cette augmentation est beaucoup plus importante dans le groupe TIM ou elle est de (+7.15mm), que dans le groupes bielles, ou elle est de (+3.64mm). Mais cette différence n'est pas significative ( $P=0.150.DNS$ ).
- Pour la hauteur faciale postérieure, elle augmente également en fin de traitement pour les deux groupes et de la même amplitude (4,26mm) pour le groupe bielles et (4.71mm) pour le groupe TIM, il n'y a donc pas de différence significative ( $P=0.906.DNS$ ).
- L'indice facial HIF augmente dans le groupe bielles de 0.12. On note aussi que la HFP augmente plus, que la HFA pour ce groupe (HFP+4.26mm, HPA+3.64mm) . Tous ces

éléments attestent d'une réponse mandibulaire favorable après traitement (rotation anti-horaire).

- A l'inverse l'IHF reste plus ou moins stable dans le groupe TIM +0.03mm, de plus on note dans ce groupe que la HFA (+7.15) augmente plus que la HFP (+4.71), ce qui signe une réponse mandibulaire défavorable dans la correction des classe II. Néanmoins cette différence constatée n'est pas statistiquement significative ( $P=0.272.DNS.$ )

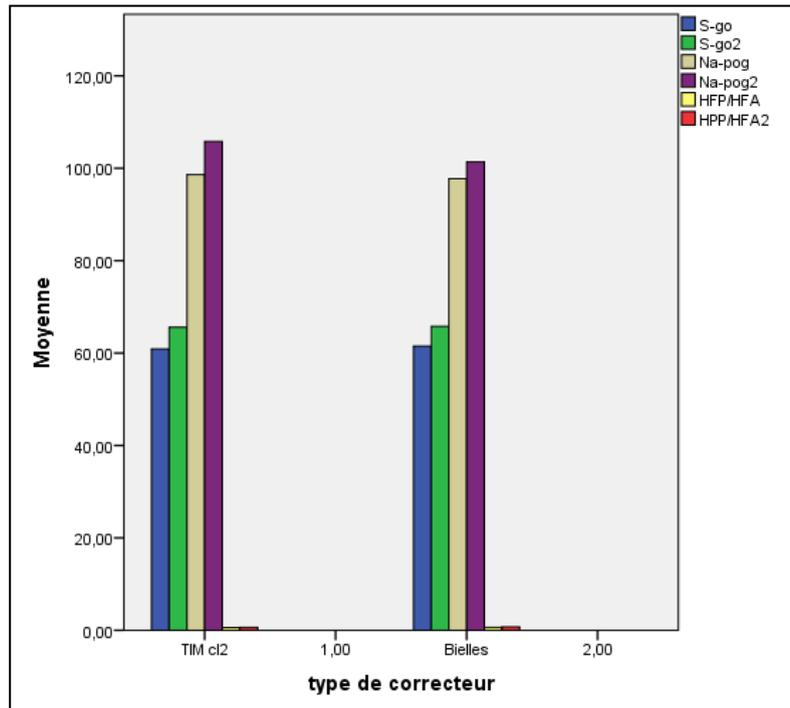


Fig86 : Comparaison des valeurs de l'index facial après traitement dans les deux groupes

#### 7.2.2.4. Comparaison des mesures squelettiques de l'analyse de Pancherz

##### 7.2.2.4.1. Comparaison des valeurs de la croissance maxillaire

On note dans les deux groupes une diminution de la valeur  $Olp.ss$  qui traduit un freinage de la croissance maxillaire. Cependant cette inhibition est plus importante dans le groupe bielles (-1.64mm), que dans le groupe TIM (-0.46mm), sans pour autant être statistiquement significative ( $P=0.224.DNS$ ). En effet les deux traitements semblent avoir un effet inhibiteur sur la croissance maxillaire. (Tableau XV)

Tableau XVI : Comparaison des mesures de la croissance maxillaire après traitement

Variable	Groupes	T0 (avant traitement)		T2 (après traitement)		Différence		P
		M	ET	M	ET	M	ET	
Olp.ss (mm)	BLL	66.85	5.54	65.21	6.11	-1.64	2.60	0.224
	TIM	67.32	5.06	66.86	5.67	-0.46	2.70	

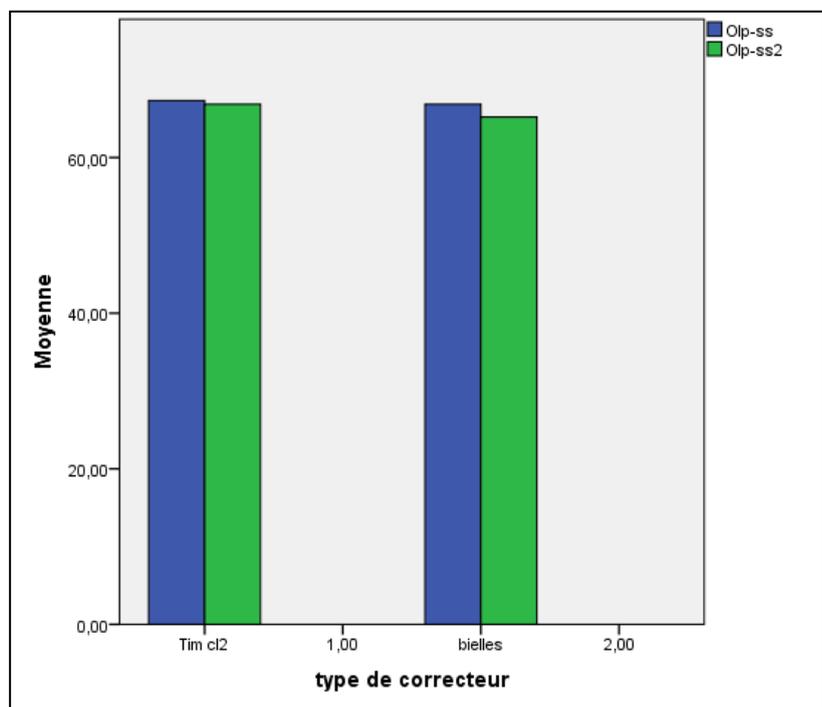


Fig.87 : Comparaison des valeurs liées à la croissance maxillaire

#### 7.2.2.4.2. Comparaison des mesures liées à la croissance mandibulaire

- On note une avancée du point Pog dans les mesures ; Olp.Pog, et Co.Pog, ce qui objective une avancée mandibulaire dans les deux groupes, cependant cette avancée est considérable dans le groupe bielles (Olp.Pog +4.23mm, et Co. Pog +5.39mm). Ceci correspond à un taux de croissance de la longueur mandibulaire de **+6.13 %** et de la diagonale mandibulaire de **+ 5.73%**, contre seulement (+0.97mm pour Olp.Pog, et +1.45mm pour Co. Pog) dans le groupe TIM .Ce qui correspond à un taux de croissance mandibulaire respectifs de **+ 1.43% et +1.49 %**. pour la longueur et la diagonale mandibulaire. Cette

différence est respectivement significative pour les valeurs *Olp.Pog*, et *Co. Pog*.

( $P=0.001.S$ ,  $P=0.045.S$ ). (Tableau XVI)

- Concernant la croissance postérieure, on note une diminution de cette distance de - 1.32mm, qui correspond à une avancé condylienne dans le groupe bielles, par contre dans le groupe TIM, le Point Co reste plus ou moins stable+ 0.25mm. Cependant cette différence n'est pas significative et ne peut donc pas être prise en considération. ( $P=0.689.DNS$ ).
- La valeur *Co-Go*, qui objective la croissance ramale dans le sens vertical, augmente de la même quantité dans les deux groupes, on note une augmentation de +2.21mm dans le groupe bielles, ce qui correspond à un taux de croissance ramale de + **5.59%**, et de+2.29mm dans le groupe TIM, ce qui correspond à un taux de croissance ramale de + **5.45%**. Il n'y a pas de différence significative entre ces deux valeurs ( $P=0.584.DNS$ ).

Tableau XVII : Comparaison des mesures liées à la croissance mandibulaire

Variable	Groupes	T0 (avant traitement)		T2(après traitement)		Différence		P
		M	ET	M	ET	M	ET	
<i>Olp.pog</i> (mm)	BLL	69.00	5.06	73.23	5.27	+4.23	2.01	0.001*
	TIM	67.50	6.22	68.47	6.19	+0.97	0.63	
<i>Co.pog</i> (mm)	BLL	94.05	7.96	99.44	6.14	+5.39	3.27	0.045*
	TIM	95.23	6.47	96.65	5.75	+1.42	1.63	
<i>Co.olp</i> (mm)	BLL	10.26	3.33	8.94	3.01	-1.32	2.91	0.689
	TIM	8.96	2.82	9.21	2.68	+0.25	1.70	
<i>Co.Go</i> (mm)	BLL	43.55	5.18	45.76	4.91	+2.21	2.53	0.584
	TIM	42.81	5.28	45.10	5.53	+2.29	2.15	

\*DS

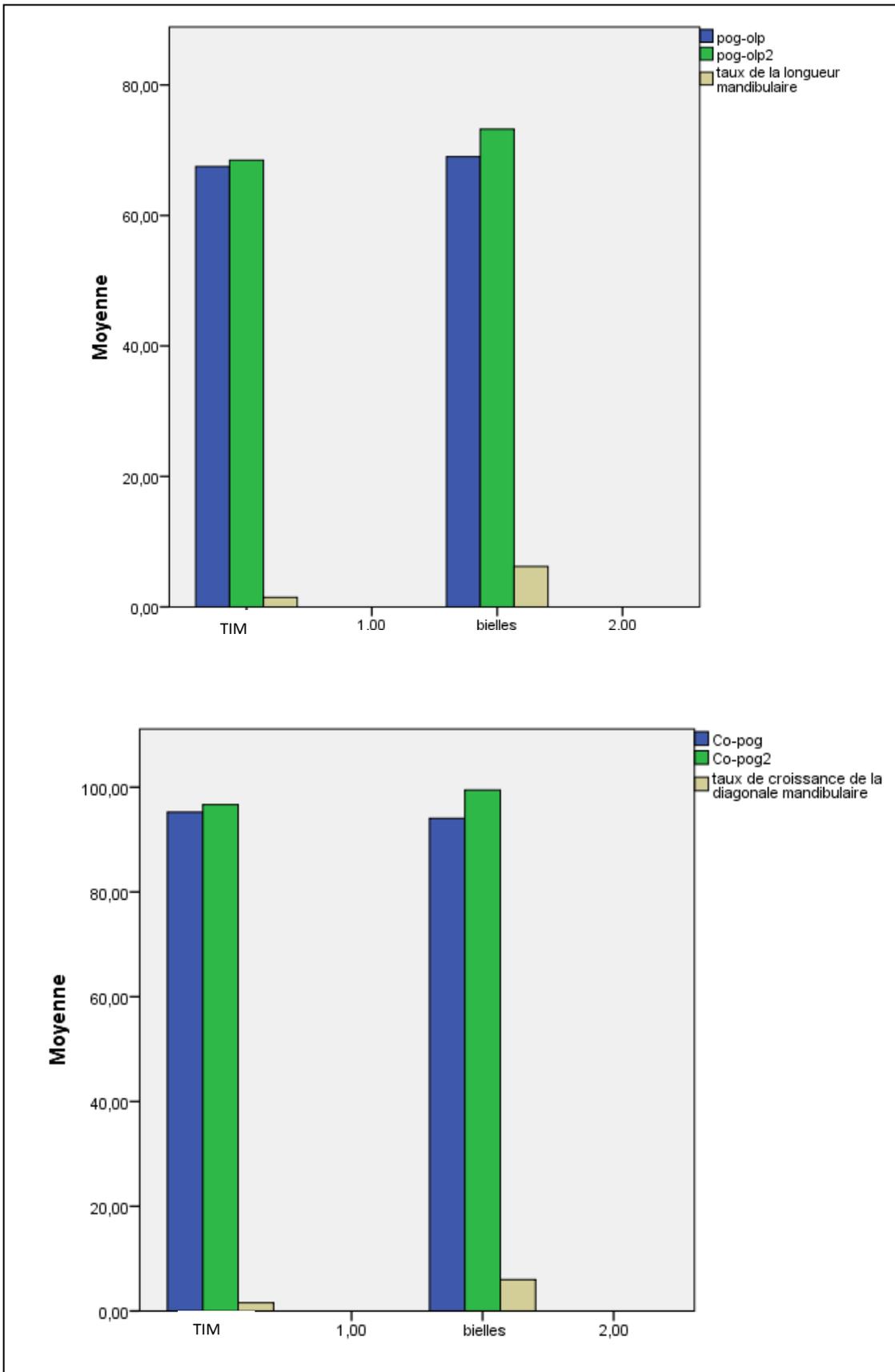


Fig.88 : 88-1- Comparaison des mesures liées à la croissance mandibulaire (Pog-Olp, Co-Pog)

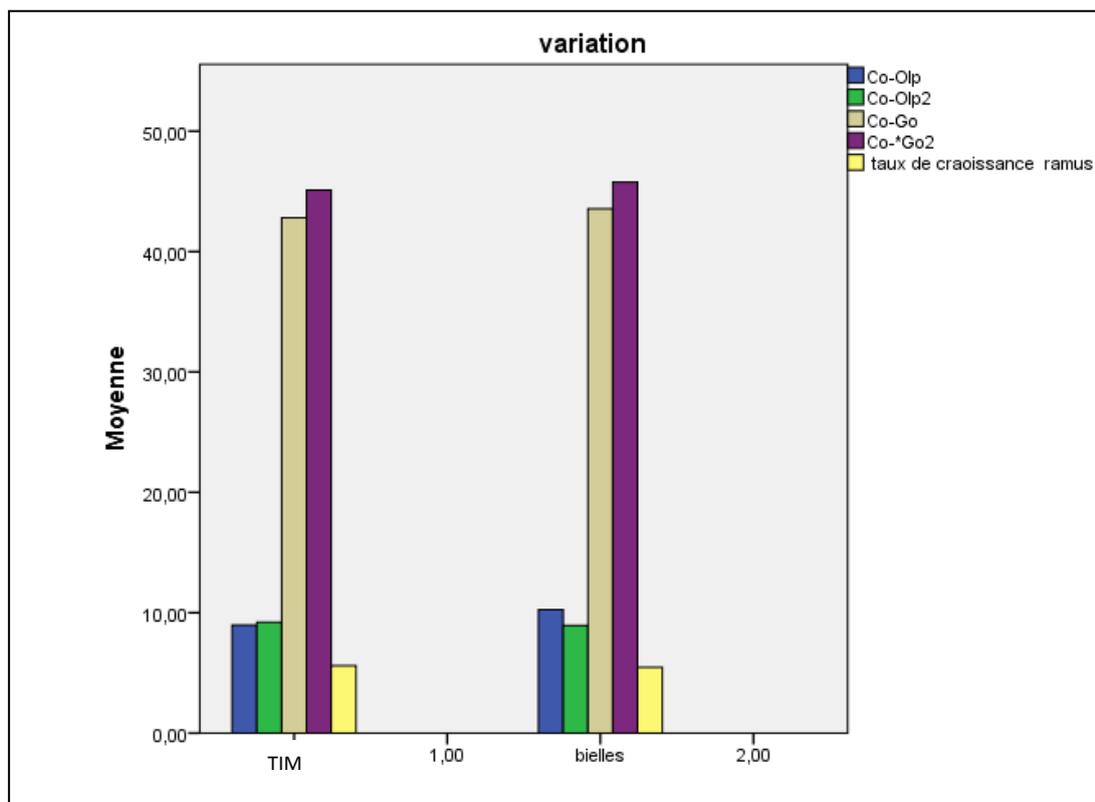


Fig.88 :88-2- Comparaison des mesures liées à la croissance mandibulaire (Co-Olp,Co-Go)

## 7.2.2.5. Comparaison des déplacements dentaires

### 7.2.2.5.1. Déplacement incisif

#### 7.2.2.5.1.1. Incisive supérieure

Tableau XVIII : Comparaison du déplacement de l'incisive supérieure.

Variable	Groupes	T0(avant traitement)		T2 (après traitement)		Différence		P
		M	ET	M	ET	M	ET	
I/F (degrés)	BLL	120.13	5.96	111.78	4.62	-8.35	4.46	0.257
	TIM	118.92	3.82	113.34	3.80	-5.58	2.96	
Olp-is (mm)	BLL	76.22	6.00	72.44	5.56	-3.78	2.14	0.114
	TIM	76.27	6.21	74.05	6.62	-2.22	2.82	
Olp/ss-Olp/is (mm)	BLL	9.31	2.40	7.23	2.86	-2.08	2.78	0.064
	TIM	8.89	2.91	5.44	5.12	-3.45	5.18	

- L'angle I/F diminue dans les deux groupes d'étude, cependant, on note que le recul de l'incisive supérieure est plus important dans le groupe bielles (-8.35°), contre (-5.58°) pour le groupe TIM, mais cette différence n'est pas significative ( $P=0.257.DNS$ ).
- La même différence est constatée pour la mesure OLP-is, ou on retrouve un recul du point is dans les deux groupes, ce recul est plus important dans le groupe bielles (-3.78mm), que dans le groupe TIM, (-2.22mm). Cette différence n'est pas significative. ( $P=0.114.DNS$ ).
- Pour la valeur Olp-is\_Olp-ss, la tendance s'inverse, en effet cette valeur permet de mesurer les variations de la position de l'incisive supérieure dans sa base. Après traitement on observe que cette mesure diminue dans les deux groupes, mais cette fois ci, la diminution est plus importante dans le groupe TIM (-3.77mm), que dans le groupe bielles (-2.07mm) et ceci en rapport probablement avec le recul du point ss qui est plus important dans le groupe bielles, que dans le groupe TIM. Néanmoins cette différence n'est pas statistiquement significative ( $P=0.064.DNS$ ).

Il semblerait que les deux thérapeutiques entraînent une linguoversion de l'incisive supérieure sans différence entre les deux groupes.

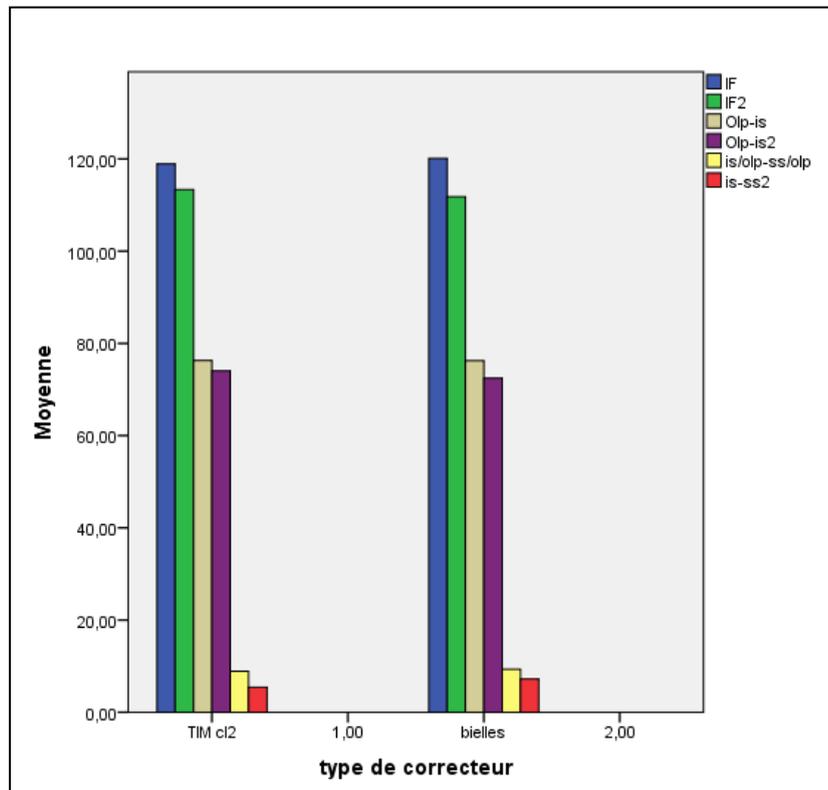


Figure.89 : Comparaison du déplacement de l'incisive supérieure

### 7.2.2.5.1.2. Position de l'incisive inférieure

Tableau XIX : Comparaison du déplacement de l'incisive inférieure

Variables	Groupes	T0 (avant traitement)		T2 (après traitement)		Différence		P
		M	ET	M	ET	M	ET	
IMPA (degré)	Bielles	98.05	5.56	101.57	6.24	+3.52	3.53	0.538
	TIM	94.60	9.02	100.55	8.08	+5.95	5.21	
Olp-ii (mm)	Bielles	68.61	6,17	70.73	6.48	+2.12	2.29	0.260
	TIM	70.75	5.78	74.00	6.05	+3.25	2.16	
Olp/Pog - Olp/ii(m m)	Bielles	1.22	2.10	0.68	3.44	-0.54	4.04	0.372
	TIM	0.13	4.58	1.78	6.75	+1.65	9.94	

- On note dans les deux groupes une vestibulo-version de l'incisive inférieure, cette tendance est plus importante pour le groupe TIM. Pour les deux mesures IMPA et Olp-ii, ou on note respectivement +3.52°, et +2.12mm dans le groupe bielles, contre +5.95°, et +3.25mm dans le groupe TIM. Néanmoins cette différence n'est pas significative ( $P=0.538.NS$ ,  $P=0.260.DNS$ ).
- Pour la valeur de Olp/ii-Olp/pog, qui mesure le déplacement de l'incisive inférieure au sein de sa base squelettique, nous remarquons cette fois ci, que cette mesure diminue dans le groupe bielles de- 0.54mm, probablement en relation avec l'avancée concomitante du point Pog. Alors que cette valeur augmente de + 1.65mm, dans le groupe TIM, qui peut s'expliquer par l'importante avancée du point ii et une timide avancée du point Pog, comme l'atteste précédemment la mesure Olp.pog. Cependant cette différence n'est pas significative ( $P=0.372.DNS$ ) et ne peut donc pas être prise en considération. Il semblerait alors que les deux traitements provoquent une vestibuloversion de l'incisive inférieure.

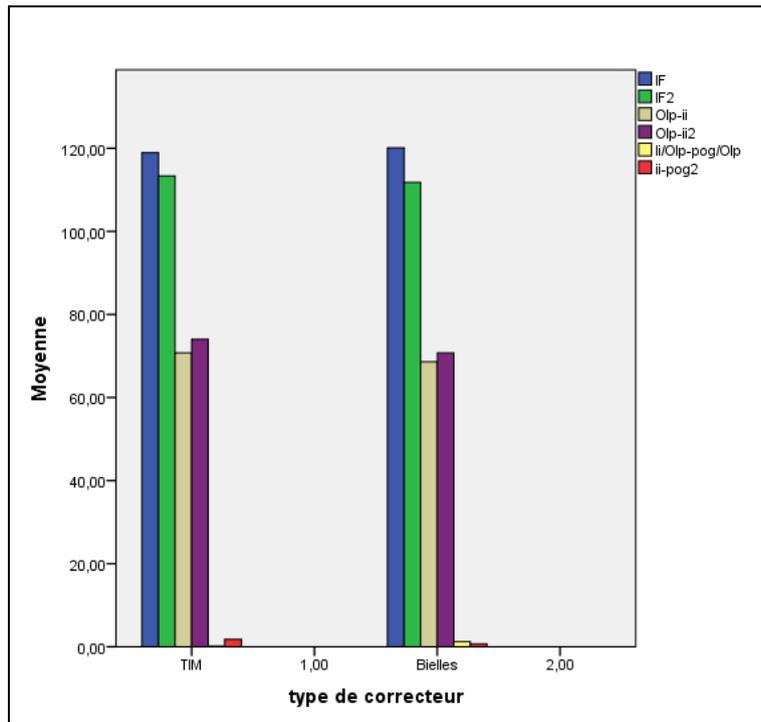


Fig.90 : Comparaison du déplacement de l'incisive inférieure

### 7.2.2.5.1.3. Le surplomb

Tableau XX Comparaison de la valeur du surplomb après traitement

Variables	Groupes	T0 (avant traitement)		T2 (après traitement)		Différence		P
		M	ET	M	ET	M	ET	
Surplomb (mm) Olp-iOlp-ii	BLL	6.82	1.98	2.71	1.79	-4.11	2.07	0.464
	TIM	6.13	1.95	3.05	2.22	-3.07	2.11	

- La réduction du surplomb après traitement est notée dans les deux groupes, -4.11 mm dans le groupe bielles et -3.07 mm dans le groupe TIM. Il n'y a pas de différence significative entre ces deux valeurs ( $P=0.464$ . DNS). Les deux traitements permettent une amélioration du surplomb incisif.

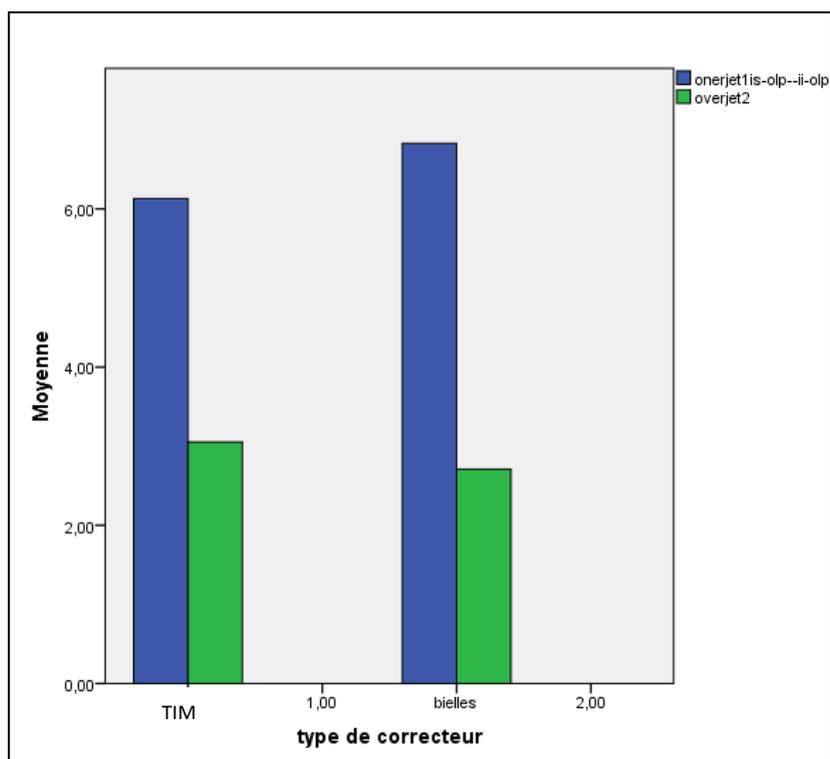


Fig.91 : Comparaison de la valeur du surplomb après traitement

## 7.2.2.5.2. Déplacements molaires

### 7.2.2.5.1.1. Déplacement de la molaire supérieure

Tableau XXI : Comparaison du déplacement de la molaire supérieure.

Variables	Groupes	T0 (avant traitement)		T2 (après traitement)		Différence		P
		M	ET	M	ET	M	ET	
Olp-ms (mm)	Bielles	45.97	4.56	46.10	4.48	0.13	1.78	0.361
	TIM	45.51	4.24	45.21	3.97	0.30	2.30	
Olp-ms-Olp-ss (mm)	Bielles	17.51	11.85	19.10	3.86	1.59	10.1	0.072
	TIM	20.02	4.62	20.86	4.51	0.84	5.61	

- On note une très légère mésialisation de la molaire supérieure, sans différence dans les deux groupes ( $P=0.361.DNS$ ), on peut dire que la molaire supérieure est plus ou moins stable sans effet de distalisation à son niveau.
- Quand on compare le déplacement de la molaire supérieure au niveau de sa base osseuse, objectivée par la différence entre Opl-ss et Opl-ms, on note que cette valeur augmente dans

les deux groupes, mais elle est moins importante dans le groupe bielles 1.59mm que dans le groupe TIM où elle de 0.84mm et ce en relation probablement avec le recul du point ss qui est plus important dans le groupe bielles. Cependant cette différence n'est pas significative ( $P=0.072.DNS$ ).

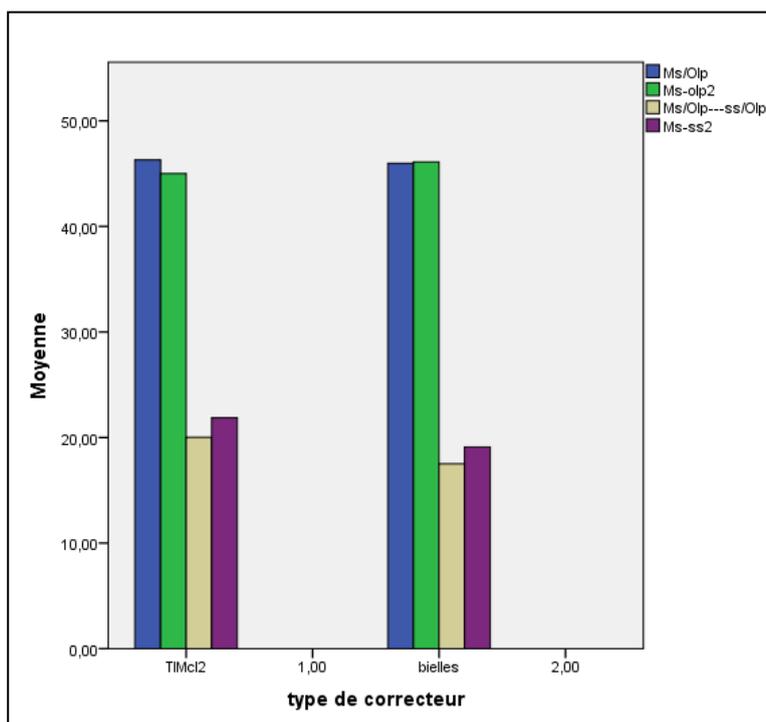


Fig. 92 : Comparaison du déplacement de la molaire supérieure.

### 7.2.2.5.1.2. Déplacement de la molaire inférieure

Tableau XXII : Comparaison du déplacement de la molaire inférieure

Variables	Groupes	T0(avant traitement)		T2(après traitement)		Différence		P
		M	ET	M	ET	M	ET	
Olp-mi (mm)	Bielles	42.89	4.05	45.18	6.65	2.29	5.41	0.549
	TIM	43.71	2.80	45.89	2.91	2.18	1.90	
Olp-pog-Olp-mi (mm)	Bielles	26.10	4.89	25.23	5.04	0.87	1.83	0.062
	TIM	23.78	6.75	22.57	6.92	1.21	2.02	

On note une mésioversion plus ou moins identique de la molaire inférieure dans les deux groupes (2.29 mm pour le groupe bielles et 2.18mm pour le groupe TIM).il n'y a pas de différence significative ( $P=0.549.DNS$ ).

Quand on compare la différence OI-pog moins OI-mi qui objective le déplacement de la molaire inférieure dans sa base osseuse, on remarque que dans les deux groupes cette distance diminue (-0.87mm pour le groupe bielles et -1.21mm pour le groupe TIM), cette diminution est probablement en relation avec la mésioverion de la molaire inférieure. Il n'existe pas de différence significative entre les deux traitements. ( $P=0.06.DNS$ ).

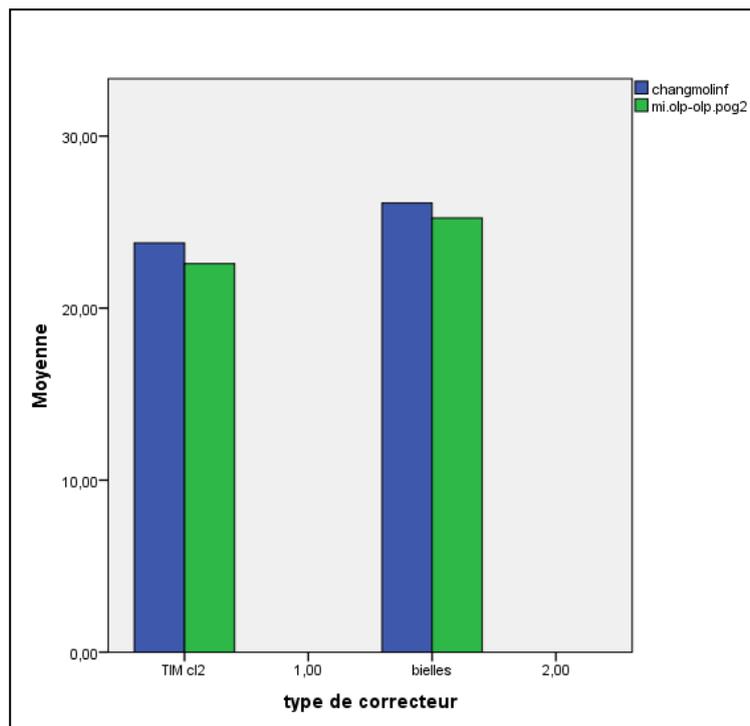


Figure.93 : Comparaison du déplacement de la molaire inférieure

### 7.2.2.5.1.3. Relation molaire

Tableau XXIII : Comparaison de la relation molaire

Variables	Groupes	T0 (avant traitement)		T2 (après traitement)		Différence		P
		M	ET	M	ET	M	ET	
ms-mi (mm)	Bielles	-1.92	1.71	1.21	1.50	3.13	2.05	0.121
	TIM	-1.40	1.30	0.63	1.21	2.03	1.57	

On note une amélioration de la relation molaire (ms-mi) dans les deux groupes d'étude. Cette amélioration est plus marquée dans le groupe bielles, où on passe d'une relation molaire de classe II de -1.92mm en début de traitement, à une relation de classe I molaire après traitement de +1.21mm. Ce qui nous fait un gain de 3.13mm.

Dans le groupe TIM on passe également d'une relation molaire de classe II évaluée en début de traitement à -1.40 mm, à une relation molaire de classe I de +0.63 mm en fin de traitement, soit un gain de 2.03mm. De ce fait, les deux traitements permettent d'améliorer la relation molaire sans différence significative. ( $P=0.121.DNS.$ ).

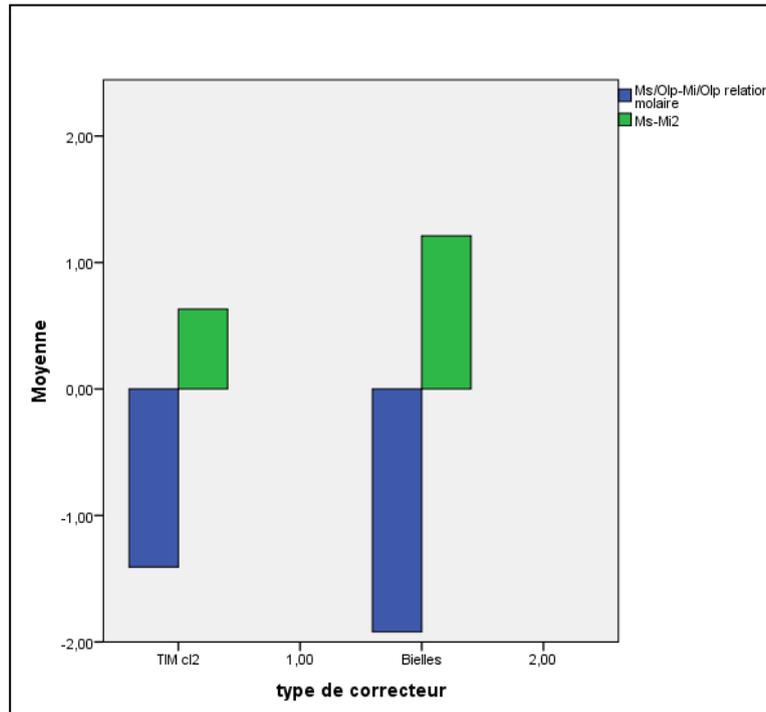


Fig.94 : Comparaison de la relation molaire

#### 7.2.2.2.6. Comparaison du profil après traitement

Tableau XXIV : Comparaison du profil après traitement

Variable	Groupes	T0 (avant traitement)			T2 (après traitement)			P
		Convexe	rectiligne	concave	convexe	Rectiligne	Concave	
Profil	BLL	37	1	0	10	28	0	0.000 *
		97.37%	02.63%	0%	26.31%	73.69%	0%	
	TIM	37	0	1	30	8	0	
		97.37%	0%	02.63 %	78.94%	21.06%	0%	

\*DS

On note une amélioration du profil chez la majorité des patients du groupe bielles, en effet on est passé d'un profil convexe en début du traitement à un profil rectiligne après traitement chez 73.69% des patients .Le résultat est moins important dans le groupe TIM, où on n'a obtenu une amélioration du profil que chez 21.06% des patients de ce groupe, cette différence est significative ( $P=0.000.DS.$ )

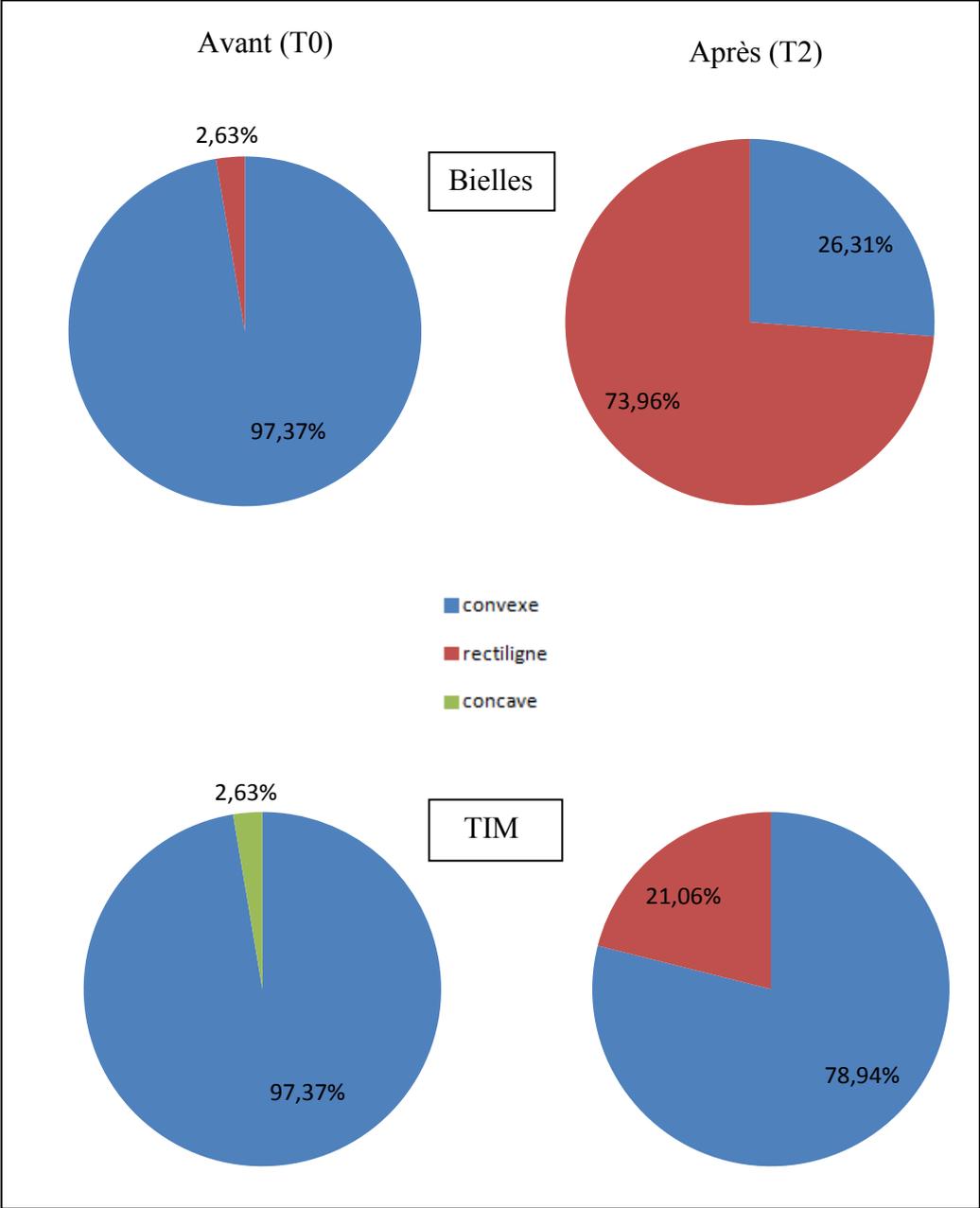


Fig. 95 : Comparaison du profil après traitement

Tableau XXV : Tableau récapitulatif des différences retrouvées entre les groupes « Bielles et TIM »

Variables	Bielles	TIM	Différence
Croissance maxillaire	<b>↘ SNA</b>	<b>↗ SNA</b>	<b>DS</b>
	Recul du point SS (---)	Léger recul du point ss.	DNS
Croissance mandibulaire	<b>Croissance en longueur +++</b>	<b>Croissance en longueur +</b>	<b>DS</b>
	Croissance ramale en hauteur +	Croissance ramale en hauteur +	DNS
Décalage des bases osseuses	<b>Amélioration +++ (ANB)</b>	<b>Amélioration + (ANB)</b>	<b>DS</b>
Correction de la classe II	Amélioration	Amélioration	DNS
Le sens vertical	<b>FMA stable</b>	<b>FMA+++</b>	<b>DS</b>
	Croissance faciale stable	Croissance faciale augmentée	DNS
Incisive supérieure	Linguoversion ++	Linguoversion+	DNS
Incisive inférieure	Vestibuloversion +	Vestibuloversion++	DNS
Surplomb	Correction +++	Correction++	DNS
Molaire supérieure	Reste plus ou moins stable	Mésialisation	DNS
Molaire inférieure	Mésialisation +	Mésialisation	DNS
Relation molaire	Classe I	Classe I	DNS
Profil	<b>Amélioration+++ (73.69%)</b>	<b>Amélioration+ (21.06%)</b>	<b>DS</b>

En résumé, sur les 23 paramètres étudiés, seuls sept présentent une différence significative entre les deux groupes d'étude après traitement, il s'agit essentiellement des mesures squelettiques :

- Croissance maxillaire (position du point A, (SNA)).
- Croissance mandibulaire en longueur (Olp.Pog, Co-Olp,SNB).
- Croissance Mandibulaire dans le sens vertical (FMA).
- Correction du décalage squelettique des bases maxillaires(ANB).
- Amélioration du profil.

Pour tous les autres paramètres, il n'y a pas de différence significative entre les deux traitements.

### 7.2.2.7. Comparaison du confort du patient vis à vis de son appareillage

La comparaison des résultats à été faite à partir des réponses figurant dans le questionnaire, rempli par les patients des deux groupes. Nous rappelons que le questionnaire sur le confort à été délivré aux patient deux mois après la mise en place de leur appareillage et que les questions concernent uniquement la douleur, ou la gêne provoquée par le correcteur de classe II. (Bielles ou TIM de classe II).

#### 7.2.2.7.1 .Douleur de l'appareil

Tableau XXVI : Présence de douleur selon le type d'appareil utilisé

	Modalités	Type d'appareil				P
		TIM		Bielles		
Douleur de l'appareil	Non	19	50%	00	0%	0.000
	Oui,	19	50%	38	100%	
	Total	38	100%	38	100%	
Oui	En haut	08	42.1%	02	05.3%	0.001
	En bas	02	10.5%	15	39.4%	
	Les deux	09	47.4%	21	55.3%	
	Total	19	100%	38	100%	

A la question : « *As-tu ressenti une douleur après la mise en place de ton appareil ?* »

- Tous les patients du groupe bielles ont ressenti une douleur juste après la mise en place des bielles de propulsion, plus de la moitié situent cette douleur aux deux arcades (55.3%), ensuite

à l'arcade inférieure (39.4%) et enfin uniquement 02 patients soit (05.3%) ont ressenti une douleur au maxillaire uniquement.

-Pour le groupe TIM la moitié des patients uniquement ont ressenti une douleur après la mise en place de leurs élastiques de classe II. Pour ces patients, la douleur été essentiellement localisée pour (47.4%) des patients aux deux arcades, (42.1%) à l'arcade supérieure et enfin seuls deux patients ont ressenti une douleur à l'arcade inférieure, soit (10.5%).

Cette différence entre les deux groupes concernant l'intensité et la localisation de la douleur est significative. ( $P=0.000$ ,  $P=0.001$ .DS.)

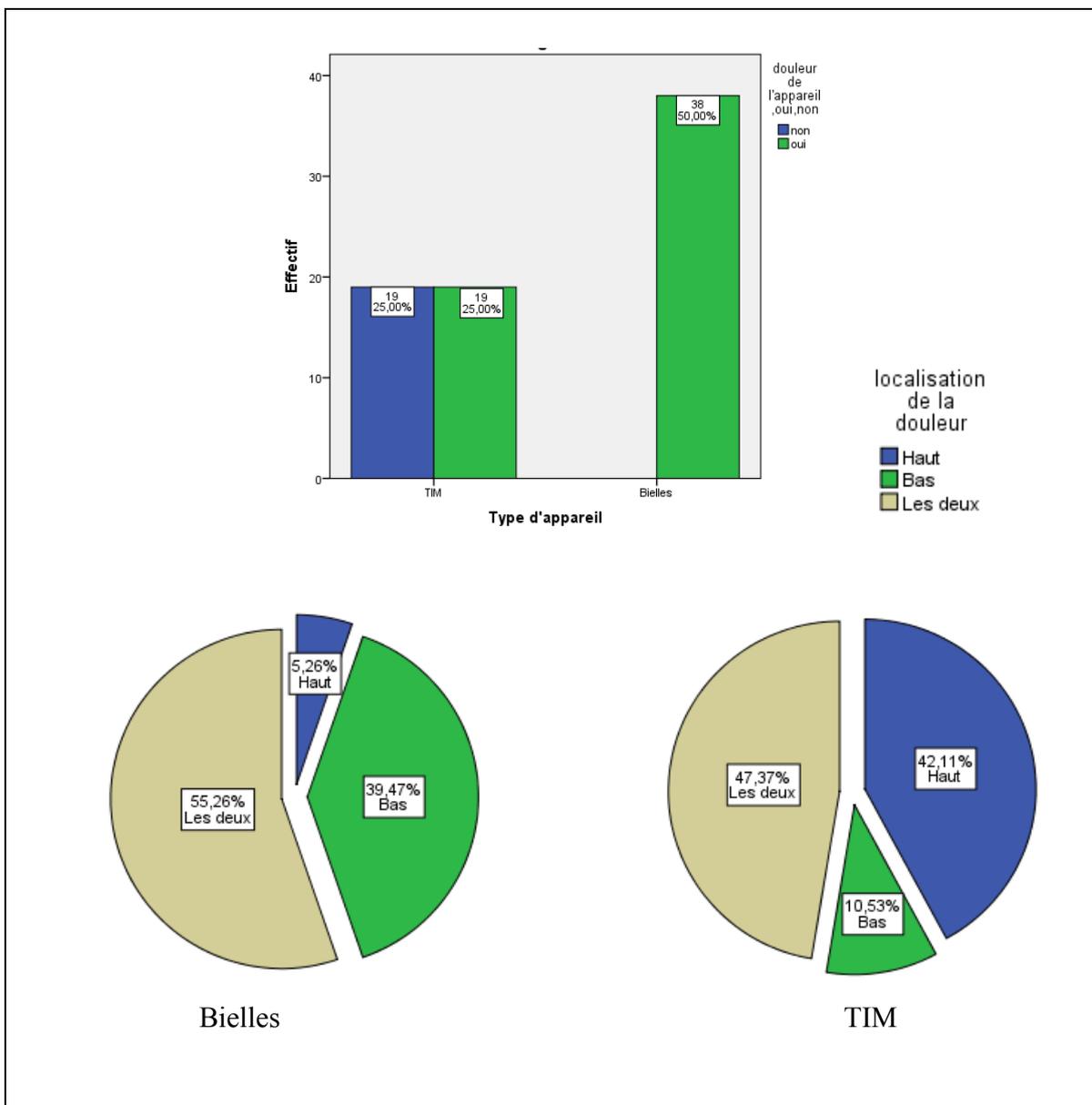


Fig. 96 : Présence et localisation de la douleur selon le type d'appareil utilisé

### 7.2.2.7.2. Tissus douloureux

Tableau XXVII : Comparaison des tissus douloureux dans les deux groupes

	Tissus douloureux	Type d'appareil				Total		P
		TIM		Bielles				
Quels sont les tissus douloureux ?	Dents	19	76%	6	15.8%	25	43,9%	0.000
	Muqueuses (faces interne des joues)	00	00%	6	15.8%	06	10.5%	
	Dent et muqueuses	00	00%	26	68.4%	26	45.6%	
	Total	19	33.3%	38	100%	57	100%	

A la question : « *Quels tissus sont les plus douloureux ?* »

Nous retrouvons qu'il existe des douleurs exclusivement au niveau dentaire pour le groupe TIM. (Pour les 50% qui ressentent une douleur). En revanche pour le groupe bielles, les douleurs sont localisées majoritairement au niveau dentaire et muqueux en même temps (68.4%), pour le reste on retrouve les mêmes proportions pour les dents uniquement, ou la face internes des joues uniquement (15.8%).

Cette différence entre les deux groupes est statistiquement significative ( $P=0.000.DS.$ ).

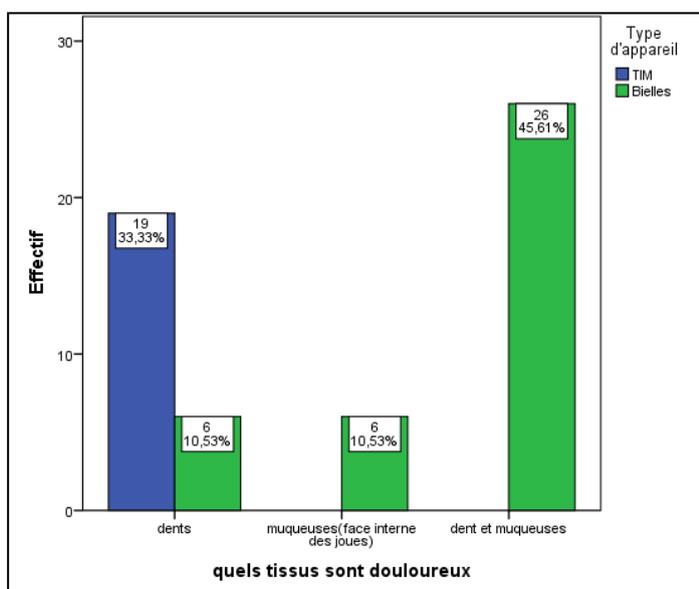


Fig. 97 : Tissus douloureux dans les deux groupes

### 7.2.2.7.3. Intensité de la douleur

Tableau XXVIII : Comparaison de l'intensité de la douleur dans les deux groupes

	Modalités	Type d'appareil				P
		TIM		Bielles		
Intensité de la douleur	Absente	19	50%	0	00%	0.000
	Faible	19	50%	0	00%	
	Modérée	0	00%	20	52.63%	
	Forte	0	00%	15	39.47%	
	Extrêmement forte	0	00%	3	07.9%	
	Total	38	100	38	100	

Nous constatons que dans le groupe bielles, la douleur est modérée chez plus de la moitié des patients soit (52.63%), (39.47%) des patients estiment que la douleur est forte et enfin (07.9%) trouvent que la douleur est extrêmement forte.

Dans le groupe TIM, concernant la moitié des patients 50% qui ressentent une douleur, il la qualifie de faible, l'autre moitié ne ressent aucune douleur lors de la mise en place de leurs élastiques.

Cette différence entre les deux groupes est significative ( $P=0.000.DS$ ).

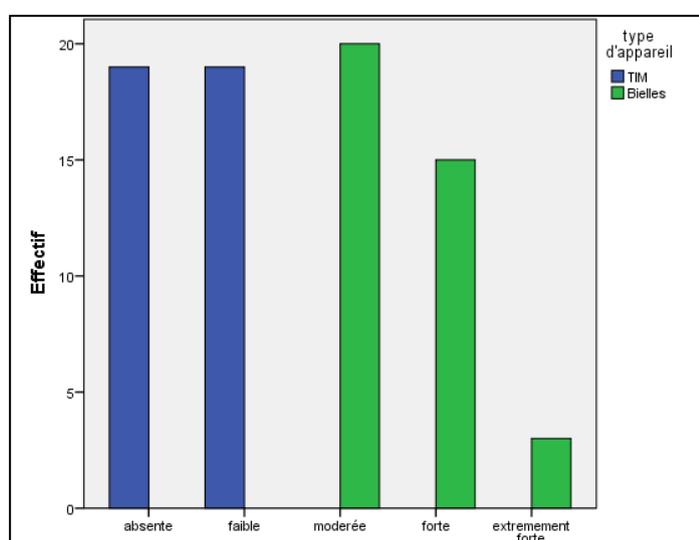


Fig.98 : Comparaison de l'intensité de la douleur dans les deux groupes

#### 7.2.2.7.4. Gêne provoquée par l'appareil dans les activités quotidiennes

Tableau XXIX : Comparaison de la gêne provoquée par les deux types de traitement

	Modalités		Type d'appareil				P	
			TIM		Bielles			
Gêne dans les activités quotidiennes	Non		20	52.6%	00	00%	0.000	
	Oui		18	47.4%	38	100%		
Type de gêne	Oui	Pendant le sommeil	02	11.1%	00	00%	0.000	
		Pendant les repas	00	00%	24	63.16%		
		A l'école (élocution, concentration)	05	27.8%	04	10.52%		
		Apparence, esthétique	11	61.1%	00	00%		
		Repas et école	00	00%	10	26.32%		
		Total	18	100%	38	100%		

A la question ; « *Ton appareil te gêne t'il dans tes activités quotidiennes ?* »

Nous retrouvons dans le groupe bielles, que tous les patients de ce groupe sont gênés par leur appareil en début de traitement. Chez la grande majorité des patients (63,16%), nous retrouvons une gêne pendant les repas, ensuite chez (10.52%) une gêne lors de l'élocution et les activités scolaires et enfin pour les (26.32%) restants, ils associent les deux (gêne lors des repas, et l'élocution).

Il est à noter qu'aucun patient ne signale une gêne liée à l'aspect inesthétique des bielles.

Dans le groupe TIM, seulement la moitié (52.63%) des patients sont gênés par leurs élastiques en début de traitement, cette gêne concerne majoritairement l'aspect inesthétique des élastiques (28.95%) et lors de l'élocution (28.95%), enfin on retrouve chez (05.26%) des patients une gêne pendant le sommeil. Aucune gêne n'est retrouvée pendant les repas, car les patients déposent leurs élastiques avant chaque repas.

Le test khi deux est de ( $P= 0.000.DS$ ), cette différence est donc statistiquement significative.

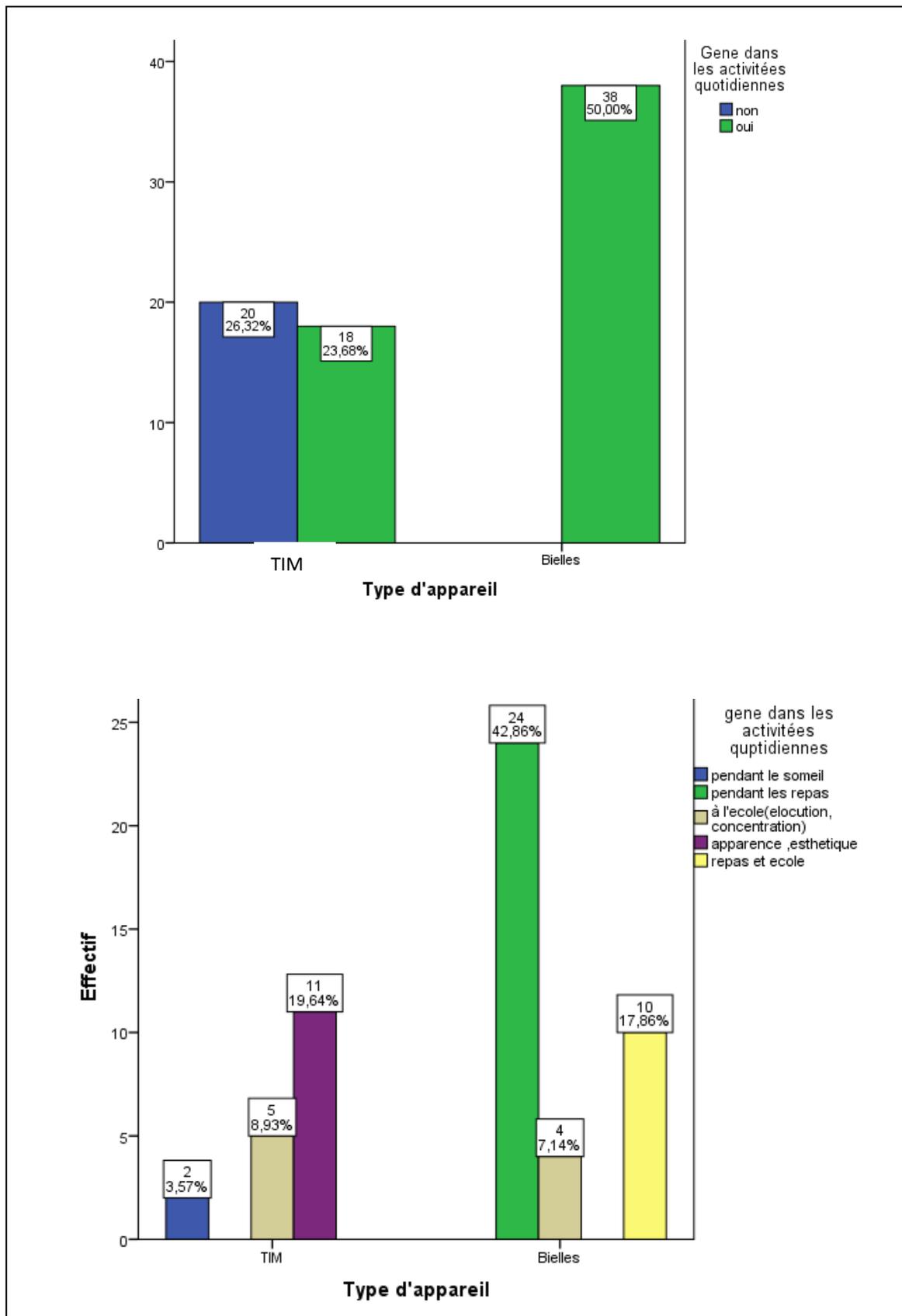


Fig.99 : Comparaison de la gêne provoquée par les deux types de traitement

### 7.2.2.7.5. Blessure au niveau des faces internes des joues

Tableau XXX : Prévalence des blessures sur les faces internes des joues dans les deux groupes d'étude

	Modalités		Type d'appareil				Total	
			TIM		Bielles			
Blessures au niveau des joues (face interne)	Non		38	100%	16	42.10%	0.00	
	Oui		00	00%	22	57.9%		
	Total		38	100%	38	100%		
	Oui	Une fois		/		20	90.9%	0.00
		Deux fois				01	4.5%	
Plus de deux fois		01	4.5%					
Total		22	100%					

A la question : « *Est ce que ton appareil t'as déjà blessé au niveau des joues (face interne) ?* »

Nous retrouvons dans le groupe TIM, qu'aucun patient n'a été blessé au niveau de la face interne des joues. Dans le groupe bielles, plus de la moitié des patients (57.9%) ont été blessés au niveau de la face interne des joues par leur appareillage. La grande majorité de ces patients (90.9%) ont été blessé une seule fois, généralement lors de la période initiale de port. Un patient a été blessé deux fois et un autre plus de deux fois. La différence entre les deux groupes est significative ( $P=0.000.DS$ )

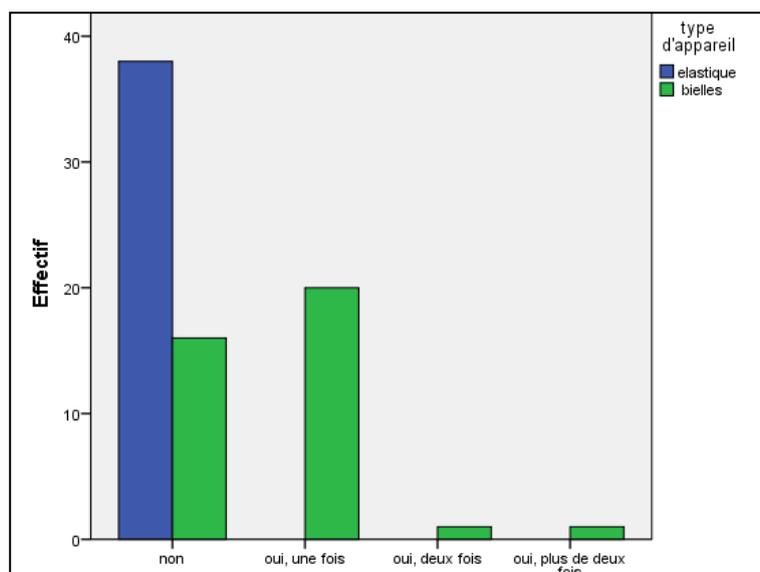


Fig.100 : Prévalence des blessures sur les faces internes des joues.

### 7.2.2.7.6. Fracture ou rupture de l'appareillage :

Il s'agit là : soit de la fracture des bielles, la séparation entre le ressort et la tige de poussée, ou la rupture des élastiques,

Tableau XXXI : Prévalence de la fracture ou de la rupture pour les deux appareillages

		Type d'appareillage				P	
		TIM		Bielles			
Fracture	Non	30	78.9%	21	55.3%	0.05	
	Oui	08	21.1%	17	44.7%		
	Total	38	100%	38	100%		
Fracture	Oui	Oui, une fois	7	87.5%	13	76.5%	0.52
		Oui, deux fois	1	12.5%	04	13.5%	
	Total	08	100%	17	100%		

On remarque qu'il existe une faible fréquence de rupture des élastiques dans le groupe TIM (21.06%), comparé au groupe bielles, où cette fréquence est plus importante ; (44.74%) des patients de ce groupe ont eu une fracture de leur bielles. Cette différence entre les deux groupes est significative ( $P=0.05.DS$ )

Dans le groupe bielles (34.21%) des patients ont eu une seule fracture durant leur traitement et (10.52%) deux fois. Dans le groupe TIM la fréquence est moins importante, (18.42%) des patients ont eu une seule rupture durant leur traitement et (02.64%) plus de deux fois.

Cependant cette différence entre les deux groupes n'est pas significative ( $P=0.52.DNS$ )

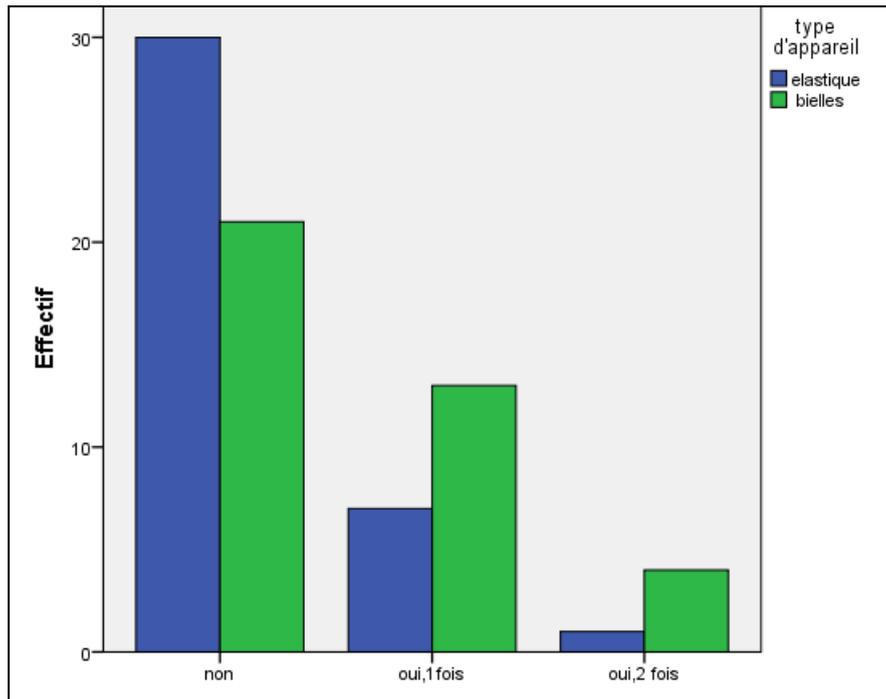


Fig101 : Prévalence de la fracture ou de la rupture pour les deux appareillages

### 3.2.7.7.7. Gêne lors des soins d'hygiène orale (brossage des dents)

Tableau XXXII : Présence de gêne lors des soins d'hygiène orale liée au type d'appareillage

Échelle de 0 à 100	Type d'appareil				P
	TIM		Bielles		
0	38	100%	00	0	0.000
20	00	00	03	07.90%	
40	00	00	08	21.05%	
50	00	00	12	31.57%	
60	00	00	06	15.78%	
70	00	00	06	15.78%	
80	00	00	03	07.90%	
Total	38	100%	38	100%	

A la question : « *Est ce que ton appareil gêne tes soins d'hygiène orale (brossage) ?* ».

Nous retrouvons dans le groupe TIM qu'il n'y a aucune gêne lors du brossage des dents (00%), car les patients de ce groupe déposent leurs élastiques avant les repas et ne les remettent qu'après la fin du brossage. Pour le groupe bielles, où le dispositif est fixé, il existe

une gêne lors du brossage chez tous les patients du groupe, mais à des degrés différents ; (31.57%) des patients estiment qu'ils sont gênés à 50% dans leur brossage, (21.05%) sont gênés à 40% ,15.78%) sont gênés respectivement à 60 et 70% et enfin (7.9%) sont gênés à 80% et 20%.

Bien évidemment cette différence est significative ( $P=0.000.DS$ )

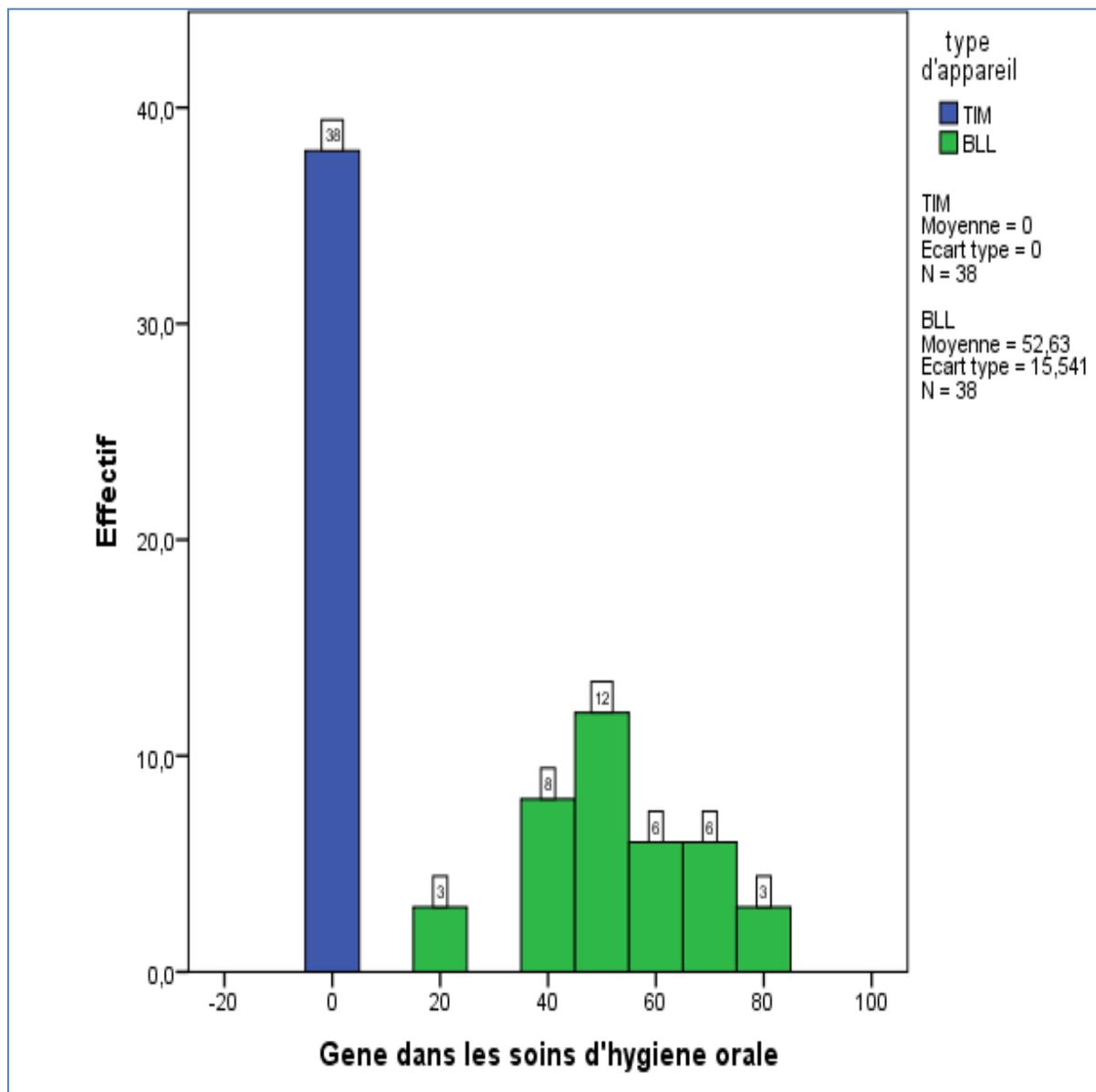


Fig. 102 : Présence de gêne lors des soins d'hygiène orale liée au type d'appareillage

Tableau XXXIII : Tableau récapitulatif de la comparaison du confort du patient vis-à-vis de son appareillage

Variable	Bielles	TIM	Différence
Douleur	Présente chez 100% des patients	Présente chez 50% des patients	DS
Tissus douloureux	Localisée surtout au niveau des dents, et des muqueuses (68.42%)	Localisée uniquement au niveau des dents	DS
Intensité	Forte, à modérée	Faible	DS
Gêne quotidienne	Surtout pendant les repas	Gene esthétique	DS
Blessure des tissus Bucco-dentaires	Blessure au niveau de la face interne des joues++ (57.9%)	Pas de blessure.	DS
Fracture du dispositif	Fracture ++ (44.74%)	Rupture des élastiques chez (21.06%)	DS
	Nombre de fracture (1 à 2 fois)	Nombre de fracture (1 à 2 fois)	DNS
Gêne pendant Le brossage des dents	Gêne le brossage 100%	Ne gêne pas le brossage 100%	DS

En résumé, presque tous les paramètres étudiés pour évaluer le confort du patient vis-à-vis de son correcteur de classe II, ont révélé des différences significatives en faveur du groupe TIM, à savoir :

- Présence de douleur.
- Tissus douloureux.
- Intensité de la douleur quotidienne liée au port du correcteur de classe II.
- Blessures des tissus bucco-dentaires.
- Fracture du dispositif.
- Gêne pendant le brossage des dents.

Seul le paramètre « **Nombre de fracture** », n'a pas révélé de différence significative entre les deux groupes d'étude ( $P=0.52.DNS$ ).

# **DISCUSSION**

## 8. Discussion des résultats

Avant de discuter les résultats obtenus, il serait judicieux de reprendre quelques éléments clés concernant notre étude.

Il s'agit d'une étude prospective (analytique et comparative), comparant les effets des bielles de propulsion fixes, à ceux obtenus avec des tractions intermaxillaires de classe II bien portés, dans le traitement de la classe II squelettique.

Cette étude a été menée chez des patients des deux sexes, âgés entre 10 et 14 ans, recrutés au niveau de la consultation d'orthodontie, de la clinique dentaire **Zabana** (C.H.U. *Frantz Fanon* de *Blida*).

Le recrutement de ces patients a débuté en *Juin 2017* et s'est terminé en *Décembre 2018*. Date à laquelle, la taille échantionnelle estimée à 80 patients à été atteinte.

Le suivi des patients s'est fait jusqu'en *Décembre 2020*, où les dernières TLR (T2) ont été réalisées. La durée de l'étude est estimée en moyenne à 38 mois. La durée de port du correcteur de classe II quand à elle, était de six mois.

La consultation d'un certain nombre de patients se poursuit toujours au sein de notre clinique, pour une phase de finition avant la dépose du dispositif fixe multiattache.

Comptant deux patients perdus de vue dans le groupe bielles, et deux patients jugés pas assez coopérants dans le groupe TIM (qui ont été volontairement exclus de l'étude), l'effectif total de notre étude passe de 80 à 76 patients répartis en deux groupes :

- ✓ 38 patients dans le groupe bielles.
- ✓ 38 patients dans le groupe TIM.

La répartition des patients en deux groupes n'a pas été randomisée, car la comparaison porte sur un dispositif fixe, mis et enlevé par le praticien (bielles Forsus), avec un dispositif amovible, mis et enlevé par le patient (TIM de classe II). Ce dernier doit donc être assez motivé et porter ces élastiques 24/24h pour ne pas créer de biais dans notre étude.

Il nous a semblé plus judicieux de placer les patients les plus coopérants dans le groupe TIM. Ceci nous assure ainsi un port assidu des élastiques et donc une meilleure analyse de leurs effets. Il n'y a donc pas eu une randomisation, mais plutôt une répartition des patients en deux groupes, ce qui semble avoir une grande incidence sur le résultat du traitement. Ce type de répartition à déjà été utilisé dans d'autres études similaire.<sup>(126)</sup>

En orthodontie, un des principaux problèmes qui compromet les résultats du traitement, est le manque de coopération et de collaboration du patient.

Nous ne pouvions pas avoir de groupe contrôle sans traitement, puisque les patients présentant ce genre de malocclusions auraient eu besoin d'un traitement pendant la période d'étude qui était assez longue.

D'un point de vue éthique, non seulement les patients ne seraient pas pris en charge pendant la période, où le traitement serait le plus efficace (période pubertaire), mais en plus, nous irradierions ces patients en pleine croissance deux fois sans but concret.

Dans chaque groupe d'étude, nous retrouvons, une répartition plus ou moins identique des patients selon le sexe :

- ✓ 9 garçons et 29 filles, pour le groupe Bielles.
- ✓ 7 garçons et 31 filles, pour le groupe TIM.

Cette forte prévalence du sexe féminin dans nos groupes d'étude, est liée au fait que le recrutement des malades a été réalisé, au sein de la consultation d'ODF de la clinique *Zabana*. En effet on retrouve quotidiennement dans nos consultations plus de filles, dont les parents sont plus soucieux de leur esthétique que de garçons.

A ceci s'ajoute la forte prévalence de la classe II squelettique chez les filles retrouvée dans la littérature. <sup>(289,290)</sup>

Cependant cette différence ne présente pas de biais lié au sexe dans notre étude, de même que d'autres paramètres : âge, stade de maturation, caractéristiques céphalométriques de l'anomalie..., dont la répartition a été examinée en début de traitement. En effet les tests statistiques (*khi deux*, et *T de Student*) ont permis d'assurer que les deux groupes d'études étaient homogènes en début de traitement, sur tous les paramètres étudiés, nos deux groupes pouvaient donc être comparés.

Un premier examen téléradiographique (T0) a été réalisé pour chaque patient, avant le début du traitement. Des analyses céphalométriques ont été réalisées sur le tracé céphalométrique obtenu et on a pu évaluer également l'âge osseux de chaque patient, par la méthode de maturation des vertèbres cervicales de Lamparski modifiée par Baccetti<sup>(194)</sup>.

Toutes les téléradiographies ont été réalisées dans le même centre d'imagerie (*Dr Missoum*) sis à *Blida*. Nous nous sommes personnellement déplacées dans ce centre d'imagerie, au début de notre étude, afin d'insister sur la nécessité de respecter la même distance source-film, avant et après traitement et nous avons tenu à expliquer aux personnels, la nécessité de bien positionner le patient avec le céphalostat. La distance était de 3 mètres.

Tous les patients ont reçu un traitement fixe multiattache bimaxillaire(T1).Après une période de nivellement initiale (estimée à 06- 14 mois), les patients des deux groupes ont pu recevoir leur correcteur de classe II(T1), (Bielles Forsus FFRD, ou TIM de classe II).Après deux mois de port

environ, nous avons invité nos patients à répondre au questionnaire sur le confort vis à vis de leur appareillage. Le test du khi deux nous a permis d'analyser les résultats de ce questionnaire et de comparer la différence entre le groupe bielles et le groupe TIM. La différence était significative si  $P < 0.05$ . Actuellement, il existe très peu d'études publiées pour évaluer les expériences des patients avec les bielles FFRD, c'est pour cette raison que nous nous sommes fixé comme objectif secondaire d'évaluer l'expérience de nos patients vis-à-vis des bielles FFRD et des TIM de classe II.

Une deuxième téléradiographie était réalisée après la dépose du correcteur de classe II au temps (T2) et ce après 06 mois de port. Les mêmes analyses céphalométriques ont été réalisées sur ce 2ème cliché.

Afin de diminuer les biais et les erreurs d'évaluation, les analyses céphalométriques ont été réalisées à la main et par le même praticien avant et après traitement (soit 152 tracés). Cependant pour la réalisation des superpositions et afin de mieux visualiser les changements squelettiques et dentaires, nous avons eu recours à un logiciel céphalométrique, permettant une meilleure illustration et une visualisation dynamique des résultats. (Ceph.Web)

Les analyses utilisées sont : l'analyse de Pancherz, complétée par certaines valeurs de L'analyse de Tweed, Downs et Ricketts.

En effet l'analyse de Pancherz est l'analyse de référence dans l'étude du sens sagittal. Elle permet de quantifier et de différencier les mouvements des bases osseuses, de celles des dents. De plus il s'agit d'une analyse qui a été spécialement conçue pour l'étude des effets des bielles de Herbst par Pancherz. Notre choix s'est donc automatiquement porté sur cette analyse. En effet nous retrouvons l'utilisation de cette analyse dans plusieurs études dédiées à la correction de la classe II. <sup>(24, 114,284)</sup>

L'objectif principal de notre étude est d'analyser les effets squelettiques et dentaires des bielles de propulsion de classe II, en les comparant à ceux obtenus avec des élastiques de classe II bien portés.

Dans un second temps, nous avons voulu évaluer et comparer, le confort du patient vis à vis de ces deux appareils, ainsi que leurs éventuels effets indésirables (hygiène buccale, blessure...). La différence entre ces deux thérapeutiques a été évaluée sur le 2ème cliché après six mois de port, en utilisant le logiciel statistique *Spss2.0*. Les variables quantitatives ont été comparées par le test *T de Student*, en utilisant la comparaison des groupes indépendants, représentées par leurs moyennes et leur intervalle de confiance à 95%.

Les variables qualitatives (sexe, stade de maturation et profil et le questionnaire de confort) ont été représentées par leur pourcentage et leur intervalle de confiance à 95%.

Les variables qualitatives ont été comparées par le test *Khi deux de Pearson*.

La valeur p obtenue indique une différence significative (DS) si p est inférieur ou égal à 0,05

Les résultats ne peuvent être considérés comme significatifs que si p est > 0,05. (DNS).

## 8.1. Discussion concernant les effets squelettiques

### ➤ La croissance maxillaire

Nous avons retrouvé des résultats différents selon le type d'analyse utilisée :

Pour l'analyse de Downs, il y a un recul du point A (-1.03mm) dans le groupe bielles, qui témoigne d'une restriction significative de la position squelettique sagittale du maxillaire supérieur. Dans le groupe TIM, il y a une avancée du point A de +0.92, qui signifie probablement que la croissance sagittale du maxillaire n'a pas été freinée par l'utilisation des TIM de classe II. La différence entre les deux groupes était significative. ( $P=0.009.DS$ )

Nous avons également retrouvé une restriction de la croissance maxillaire avec l'analyse de Pancherz, mais cette fois ci, elle concernait les deux groupes, En effet le recul du point ss était plus important dans le groupe bielles, que dans le groupe TIM. (1.64mm contre 0.46mm), mais la différence (1.18mm) n'était pas significative. ( $P=0.224.NS$ ). Ces résultats ont été confirmés par l'analyse intra-groupes qui ne retrouve dans le groupe TIM une modification significative du point ss. ( $P=0.3.DS$ )

Nous pouvons dire alors que nos résultats démontrent qu'il y a un effet squelettique certain sur le freinage de la croissance maxillaire (retrouvé avec les deux analyses) après utilisation des bielles de propulsion.

En ce qui concerne les TIM de classe II, les résultats sont plus controversés. Cet effet même si il est moindre, a été retrouvé avec l'analyse de Pancherz, mais pas avec l'analyse de Tweed.

Cette différence retrouvée au niveau du groupe TIM peut être expliquée par ; la différence des points de repères utilisés dans les deux analyses, en effet le point A (osseux et alvéolaire) est un mauvais repère squelettique car il est fortement influencé par la position des incisives supérieures. Une forte palatoversion des incisives supérieures avec inclinaison vestibulaire des racines peut déplacer le point A et masquer ainsi l'effet squelettique réel sur le maxillaire.

Ces résultats résument bien la grande divergence retrouvée dans la littérature concernant l'action squelettique sur le maxillaire, en effet selon la revue de la littérature et la méta-analyse réalisée par Perinetti<sup>(291)</sup> sur les propulseurs fixes, incluant notamment l'étude de Baccetti et Franchi 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). Franchi <sup>(256)</sup>, retrouve les mêmes effets sur le maxillaire que ceux retrouvés dans notre étude, avec un recul plus marqué du point A. Il observe une restriction de la croissance du maxillaire, avec une position rétrusive significative de la base osseuse (SNA -2.1°).

Dans l'étude de Karacay<sup>(7)</sup>, les auteurs rapportent une différence du SNA de l'ordre de -0,66° par rapport à leur groupe contrôle. ( $p = 0,001$ ).

Dans une autre méta analyse de Meistrell et al<sup>(292)</sup>, cet effet de freinage sur la croissance sagittale du maxillaire est aussi retrouvé.

La revue de Flores-Mir<sup>(293)</sup> 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. <sup>(293)</sup>

La plupart des études présentent les mêmes conclusions : à court-terme, les bielles de propulsion fixe permettent une faible restriction de la croissance maxillaire, cependant certaines études ne retrouvent pas cet effet de restriction sur le maxillaire. Nelson<sup>(127)</sup> ne retrouve aucun effet squelettique sagittal sur le maxillaire. Les seuls effets squelettiques notés sont dans le sens vertical.

Quant aux études comparant les effets des bielles, avec ceux des élastiques de classe II .elles concordent avec les résultats de la présente étude, cet effet de restriction sur la croissance maxillaire est souvent retrouvé dans les deux groupes, mais il serait plus important avec les bielles de propulsion. <sup>(126,294)</sup>

Jones en comparant les effets des bielles FFRD avec les élastiques de classe II, ne trouve aucune différence significative, en effet elle retrouve dans les deux cas une restriction de la croissance maxillaire, avec une diminution de -1.7mm dans le groupe FFRD et -1.5mm dans le groupe TIM, soit une différence de 0.2mm, cependant l'analyse utilisée était différente de celle utilisée dans notre étude. (Analyse de Pitchfork)<sup>(126)</sup>.

### ➤ **La croissance mandibulaire**

Les malocclusions de classe II étant la plupart du temps causées par une rétrusion de la mandibule. La réponse mandibulaire se voulait être l'objectif principal à atteindre avec notre traitement. C'est pourquoi plusieurs mesures ont été examinées pour évaluer cette croissance : SNB, Olp.Pog, Co-Olp, Co.Pog et Co. Go.

- Quantité d'avancement mandibulaire : objectivée par les angles SNB et ANB.

- Allongement du corps mandibulaire : Les mesures que nous avons utilisées pour évaluer l'allongement du corps mandibulaire sont : la distance en millimètres entre la ligne Olp et le point Pogonion, la distance en millimètres entre la ligne Olp, et le point Co, ainsi que la diagonale mandibulaire Co-Gn.
- Croissance ramale : Pour l'allongement de la branche montante, une seule mesure a été utilisée. Il s'agit de la mesure en millimètres entre les points Co et Gonion.

Ces valeurs ont presque toutes donné des différences statistiquement significatives entre les deux traitements, en faveur du groupe bielles. SNB ( $P=0.000.DS$ ), ANB ( $P=0.000DS$ ), Olp.Pog ( $P=0.001.DS$ ), Co.Pog ( $P=0.045.DS$ ). Sauf pour Olp-Co ( $p = 0,689.DNS$ ) et pour Co. Go ( $P=0,589.DNS$ ), où la différence n'était pas significative.

Les résultats révèlent une forte stimulation de la croissance mandibulaire SNB ( $+3.5^\circ$ ) avec l'utilisation des bielles contre ( $+1.71^\circ$ ) pour le groupe TIM, nous retrouvons également un allongement mandibulaire de ( $+4.23mm$ ) objectivé par l'avancée du point Pog, ce qui correspond à un taux de croissance de la longueur mandibulaire estimé à **6.13%** en fin de traitement .contre une avancé de 0.97mm avec les TIM soit un taux de croissance de **1.43%**. ( $P=0.000.DS$ ).

Pour la hauteur ramale, il existe dans les deux groupes une augmentation de la hauteur ramale de la même amplitude environ  $+2.2$  mm, sans différence significative.

( $P=0.589.DNS$ ). Cependant l'analyse pour échantillon apparié dans le groupe TIM, ne révèle pas de modifications au niveau du condyle .Le point Co reste stable après traitement dans le sens sagittal. La différence entre T0 et T2 n'est pas significative. ( $P=0.38.DNS$ ).

Les bielles de propulsion permettent ainsi, une meilleure stimulation de la croissance mandibulaire dans le sens sagittal, par contre pour la croissance ramale verticale, les deux dispositifs auraient des effets similaires

Cet effet vertical de la croissance ramale a été retrouvé en fin de croissance chez des patient non traités, en effet selon Hägg et Attström<sup>(295)</sup> la hauteur du ramus connaît une augmentation plus importante que la longueur mandibulaire ou la diagonale mandibulaire en fin de croissance, du fait de la verticalisation de la croissance à ce moment-ci.

De plus, la pose de cales systématiques au niveau des molaires mandibulaires dans notre étude entraine un mouvement en bas et en avant du condyle qui entrainerait, selon les hypothèses d'Enlow la croissance condylienne.

Cependant la grande diversité des études (différence de bielles étudiées, variabilité des analyses céphalométriques utilisées, présence ou non de groupe témoin, la technique fixe utilisée.....) rend difficile la comparaison de nos résultats, avec ceux retrouvés dans la littérature.

En effet concernant les bielles de Herbst, La plupart des auteurs s'accordent dans la direction des effets, par contre des divergences persistent concernant les proportions de ces effets et ce en fonction du type de bielles utilisées.

- +2.0 mm en 6 mois dans l'étude de Pancherz<sup>(70)</sup>
- +2.7 mm en 12 mois dans l'étude de McNamara<sup>(105)</sup>
- +3.5 mm en 12 mois dans l'étude de Windmiller<sup>(113)</sup>
- +2.7 mm en 12 mois dans l'étude de Franchi<sup>(256)</sup>

Dans l'étude de Baccetti, deux valeurs céphalométriques sur quatre présentent des différences statistiquement significatives, entre le groupe traité pendant 12 mois et le groupe contrôle. Ces valeurs d'augmentation significative de la diagonale mandibulaire (Co-Gn) des groupes traités par le dispositif de Herbst par rapport aux groupes contrôles non traités, sont en accord avec la littérature. Cozza a déterminé le coefficient d'efficacité des bielles de Herbst à 0.28mm/mois<sup>(230)</sup>

Pour les études comparant les bielles avec les élastiques de classe II. Nelson et ses collaborateurs dans leurs études, retrouvent ainsi que 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.<sup>(127)</sup> Les bielles de Herbst ont donc un impact squelettique significatif plus large à court terme.

Concernant les bielles *Forsus*, utilisées dans notre étude. Nos résultats sont globalement en accord avec les études retrouvées dans la littérature. Tarvade *et al*<sup>(296)</sup>, Franchi *et al*<sup>(256)</sup> et Mahamad *et al*.<sup>(21)</sup> retrouvent une forte stimulation de la croissance mandibulaire comparé aux TIM. Jones<sup>(126)</sup> note aussi une différence de la stimulation mandibulaire en faveur du groupe *Forsus*, dans son étude mais cette différence n'était pas significative, elle conclut donc que les deux dispositifs permettent de potentialiser la croissance mandibulaire à court terme.

### ➤ **Relation maxillo mandibulaire**

Il existe une amélioration de la relation maxillomandibulaire dans les deux groupes, mais avec une correction plus importante de l'angle ANB dans le groupe bielles (- 4.52°), que dans le groupe élastique (- 0.79°). Cette différence est statistiquement significative. ( $P=0.000.DS$ )

En effet, cette différence dans le groupe bielles s'explique par une diminution de l'angle SNA et une augmentation plus importante de l'angle SNB. Alors que pour le groupe TIM cette amélioration est uniquement due à l'augmentation de l'angle SNB.

Dubois retrouve aussi la même différence dans les deux groupes, mais sans que celle-ci soit significative. ( $P=0.64$ )<sup>(281)</sup>.

Nos résultats concordent avec les valeurs retrouvées chez Franchi, (ou ANB diminue de  $-1.7^\circ$  avec les bielles, contre  $-0.2^\circ$  pour les TIM) Ceci aboutit à une amélioration des rapports inter-maxillaires.<sup>(256)</sup>

### ➤ **Correction de la classe II**

Dans les deux groupes, on note une correction de la classe II squelettique, objectivée par la mesure AOBO qui diminue de 3.87mm dans le groupe bielles et de 3.46mm dans le groupe TIM sans différences significative. ( $P=0.16.NS$ ).

Nos résultats sont conformes à la majorité des publications (Heinling<sup>(54)</sup>, Cacciatore<sup>(297)</sup>, Jones<sup>(126)</sup>, Aras<sup>(298)</sup>) qui retrouvent une amélioration de la classe II. Cependant Baccetti, retrouve une différence statistiquement significative entre les groupes pour la valeur : AOBO, de -3.1 mm (-2.6mm BLL, contre 0.5 mm TIM). Selon lui les bielles de propulsion permettent une meilleure correction de la classe II par rapport au TIM de classe II<sup>(197)</sup>.

### ➤ **Effets squelettiques dans le sens vertical**

En comparant les deux groupes, toutes les mesures céphalométriques verticales étudiées augmentent après traitement (FMA, AxeY, HFA, HFP). Même si ces augmentations sont plus importantes dans le groupe TIM, que dans le groupe bielles. Il n'existe aucune différence significative entre les deux groupes. Sauf pour la valeur de l'angle FMA qui elle reste stable dans le groupe bielles.

Les analyses intra-groupes effectuées au début de notre étude, viennent confirmer ces résultats, en effet les valeurs de l'angle AxeY ( $p=0,578.DNS$ ), de la hauteur faciale antérieure HFA ( $p=0.23.DNS$ ) et de L'index de hauteur facial IHF ( $p=0.23.DNS$ ,) ne montrent pas de modifications significatives après traitement par bielles. Dans le groupe TIM toutes ces mesures augmentent d'une manière significative ( $p=0.000.DS$ ).

Uzel<sup>(273)</sup> retrouve également une augmentation significative de la hauteur faciale inférieure, de 1.9mm du groupe traité par élastiques, par rapport au groupe contrôle (1.9 contre 0.0).

Nos résultats sont en accord avec les études de Nelson<sup>(127)</sup>, Gianelly<sup>(274)</sup> et Shen.<sup>(299)</sup>

Ainsi les bielles de propulsion fixes permettent de stimuler la croissance sagittale de la mandibule, tout en évitant l'effet vertical néfaste très souvent associé aux appareillages de propulsion de classe II. De plus l'ajout de surélévations molaires conformément au principe de Degroote permet de diminuer à un certain degré cet effet, ce qui n'est pas le cas avec les TIM de classe II.

Elles peuvent donc constituer une bonne alternative chez des patients présentant une hyperdivergence faciale légère à modérée, prédestinés souvent pour une thérapeutique chirurgicale de correction.

## 4.2. Les effets dento-alvéolaires

Concernant les déplacements alvéolo-dentaires, que ce soit au niveau incisif, ou au niveau molaire, nous n'avons noté aucune différence significative entre les deux traitements

### ➤ Au niveau incisif

Nous avons retrouvé une linguoversion de l'incisive supérieure objectivée par la mesure de l'angle I/F (-8.35° dans le groupe bielles, contre -5.58° pour le groupe TIM). ( $P=0.25.DNS$ ), mais aussi un recul de l'incisive supérieure objectivée par la mesure OI-is (-3.78mm pour les bielles, -2.22mm pour TIM, ( $P=0.114.DNS$ )).

Jones arrive aux mêmes conclusions que celles obtenues dans notre étude<sup>(126)</sup>.

Cependant, ce résultat pour l'inclinaison de l'incisive supérieure n'est pas en accord avec les études de Karacay<sup>(7)</sup>, de Heinig<sup>(54)</sup> et de Franchi<sup>(256)</sup> qui retrouvent une linguoversion de l'incisive supérieure plus marquée dans le groupe bielles. Ce qui peut être expliqué par la différence des analyses céphalométriques utilisées.

A l'arcade inférieure, nous avons retrouvé une vestibuloversion de l'incisive inférieure dans les deux groupes d'étude, cependant elle était plus marquée avec les élastiques (IMPA+3.52° dans le groupe bielles, contre 5.95° dans le groupe TIM). ( $P=0.538.DNS$ ), ainsi qu'une avancée de l'incisive inférieure, objectivée par l'avancée du point ii estimée à (+2.12mm) dans le groupe bielles, et (+3.25mm) dans le groupe TIM ( $P=0.372.DNS$ ). Cette différence, même si elle est minime et non significative, peut être expliquée par un meilleur contrôle du torque antéro-

inférieur dans le groupe bielles (le recourbement du fil à l'arcade inférieure et la ligature en masse de toutes les dents inférieures). Ces mesures n'étaient pas systématiques dans le groupe TIM.

En effet la vestibuloversion de l'incisive inférieure est un effet indésirable bien connu dans la thérapie fonctionnelle de classe II. Plusieurs études sur les différents appareils fonctionnels de classe II ont révélé cette inclination à divers degrés : Cope et al<sup>(219)</sup>, Covell et al<sup>(57)</sup>, Nalbantgi et al<sup>(300)</sup>, Weiland<sup>(301)</sup>. Certains auteurs préconisent l'utilisation de bielles sur gouttière afin de diminuer cet effet, car il semblerait que les cadres en acrylique et en fil, offriraient quelque peu un meilleur contrôle sur les incisives inférieures. Cependant la récente étude de Elkordry réalisée en 2020 ne retrouve aucune différence significative, les changements moyens étaient (7.06°) pour les bielles « Splint » (gouttière) et (9.18°) pour le FFRD avec appareillage fixe multiattache. (P=0.92)<sup>(266)</sup>

Nos résultats sont en accord avec ceux retrouvés dans nos lectures<sup>(54,126,256)</sup> exception faite pour l'étude de Karacay qui donne un résultat contraire, soit une rétroclinaison de l'incisive inférieure lorsque regardée par rapport au plan mandibulaire.<sup>(7)</sup>

### ➤ **Le surplomb**

Ces changements au niveau incisif permettent, une amélioration nette du surplomb incisif dans les deux groupes (-4.11 mm avec bielles, et -3.91 mm avec TIM), sans différence significative (P=0.464.DNS)

Des résultats similaires sont retrouvés dans l'étude de Jones<sup>(126)</sup>, par contre Nelson et al ont retrouvé une correction plus importante de l'overjet -6.7 mm avec des élastiques inter-maxillaires, qu'avec l'utilisation des bielles de Herbst -4.6 mm (P=0.01)<sup>(127)</sup>.

Cette correction du surplomb est due à une combinaison d'effets squelettiques et dento-alvéolaires pour les deux traitements, mais avec des proportions différentes.

A la lumière des résultats retrouvés au niveau des effets squelettiques, nous pouvons dire que : la correction du surplomb est essentiellement dento-alvéolaire dans le groupe élastiques, (vu qu'il y a peu d'effets squelettiques dans le sens sagittal (avancée mandibulaire +0.97 mm) avec les TIM, contre (+4.23 mm) avec les bielles et recul maxillaire (-0.46 mm) avec les TIM, contre (-1.64 mm) avec les bielles, par contre dans le groupe bielles, la correction du surplomb est due à un effet mixte squelettique et dento-alvéolaire.

Heinig et Goz estiment que les changements d'occlusion obtenus avec l'appareil Herbst sont induits entre 30% et 60% par effets squelettiques et entre 40% et 70% par effets dentaires<sup>(54)</sup>.

Nelson et coll, montrent à court terme une correction du décalage sagittal pour 50% d'origine squelettique dans les cas de bielles et pour 4% dans les cas traités par élastiques de classe II.<sup>(127)</sup>

### ➤ **Au niveau molaire**

La molaire supérieure a une position plutôt stable après traitement dans les deux groupes, ( $P=0.361.DNS$ ). Cela dit la molaire supérieure doit normalement se mésialiser légèrement en suivant la croissance du maxillaire en bas et en avant, cette stabilité peut nous laisser penser qu'il existerait un léger effet de distalisation avec les deux appareils qui peut contrecarrer cette avancée. Les analyses des effets intra-groupes confirme ce mouvement uniquement dans le groupe bielles Ms-Olp (+0.1mm- $p=0.668.DNS$ ) Cet effet est retrouvé dans la plupart des études, à différents degrés, sans différence entre les deux dispositifs.<sup>(54,125,256)</sup> Griblasky quant à lui retrouve que les bielles de Herbst produisent une dérotation et une distalisation des molaires supérieures, cliniquement plus significative qu'avec les élastiques de classe II.<sup>(302)</sup>

La molaire inférieure présente une mésioversion de même amplitude sans différence entre les deux groupes en fin de traitement (+2.29mm bielles, et 2.18mm avec TIM). ( $P=0.54.DNS$ ).

Ces mouvements contribuent grandement à l'amélioration de la relation molaire dans les deux groupes, où on passe de relation de classe II à une relation molaire de classe I en fin de traitement ( $ms-mi = 3.13mm$  avec les bielles contre  $2.03mm$  avec TIM). ( $P=0.12.DNS$ ).

Nos résultats sont conformes à ceux de Jones qui retrouve également une mésioversion de la molaire inférieure dans les deux groupes de +2.4mm.<sup>(126)</sup> Nelson et al arrivent également aux mêmes conclusions, avec une mésioversion de 3.1mm de la molaire inférieure avec les élastiques, et 3.5mm avec les bielles de Herbst.<sup>(127)</sup>

### ➤ **Le profil**

Concernant l'amélioration des tissus mous, nous avons retrouvé une différence significative entre les deux groupes. ( $P=0.000.NDS$ ), Il existe une nette amélioration du profil et des rapports labiaux dans le groupe bielles (71% des patients). Cette correction est essentiellement due à l'avancée du point Pog et de la lèvre inférieure, associée à un léger recul de la lèvre supérieure, en relation avec le recul du point A et la linguoversion de l'incisive supérieure.

Cette amélioration est moindre dans le groupe TIM (21.06% des patients), probablement en relation avec des effets squelettiques moindres dans le sens sagittal et notamment une faible avancée mandibulaire.

Même si très peu d'études se sont intéressées aux modifications des tissus mous, nous retrouvons des résultats similaires avec l'étude de Bacetti, où on trouve un avancement du menton cutané plus important chez les patients de classe II, traités avec Herbst et multibague, que chez les patients non-traités, pendant la période de croissance près du pic pubertaire (différence de 2.5mm) <sup>(303)</sup>

L'influence de l'appareil Herbst sur les tissus mous du visage aboutit selon Meyer à un résultat positif du traitement, en particulier chez les patients présentant un profil convexe, avec une rétrochéilie inférieure et un sillon labio-mentonnier marqué. Le déploiement de la hauteur de l'étage inférieur de la face, grâce à la croissance verticale du ramus, serait aussi en partie responsable de cette amélioration. <sup>(67)</sup>

### ➤ **Le confort du patient vis-à-vis de son appareillage**

Concernant le confort du patient vis-à-vis de son appareillage, nous avons retrouvé des différences significatives pour tous les paramètres étudiés sauf, celui lié à la récurrence des fractures de l'appareillage.

En effet la douleur était présente chez tous les patients porteurs de bielles, contre la moitié (50%) seulement pour le groupe TIM. ( $P=0.00.DDS$ ). Cette douleur était qualifiée de « modérée » 52.63% à « forte » 39.47% dans le groupe bielles et était majoritairement située au niveau des dents et des muqueuses (faces internes des joues). Les patients porteurs de TIM de classe II ont tous qualifié la douleur ressentie de « faible », elle était essentiellement située au niveau des dents.

Tous les patients du groupe bielles étaient gênés par leur appareillage lors des repas, du brossage des dents et lors de l'élocution, probablement en relation avec la position forcée de la mandibule en propulsion. Plus de la moitié de ces patients ont été blessés au moins une fois par leur bielles (52.63%).

Dans le groupe TIM, il n'y avait pas de gêne lors des repas et du brossage des dents, car les élastiques étaient enlevés à ce moment là. Cependant, (28.95%) des patients étaient gênés par l'aspect inesthétique des élastiques et (13.16%) lors de l'élocution. Nous n'avons relevé aucune blessure suite au port des élastiques.

Nos résultats se rapprochent de ceux retrouvés dans nos lectures, en effet une récente revue systématique<sup>(264)</sup> retrouve que l'incidence des complications est relativement élevée (58%) avec l'utilisation des appareils fonctionnels fixes. Nous retrouvons en tête ; l'irritation des joues et les fractures de l'appareillage. Ces effets négatifs diminuent généralement avec le temps.<sup>(264)</sup>

Enfin concernant la fracture de l'appareillage, nous avons retrouvé un taux plus important dans le groupe bielles (44.74%), contre (21.06%) dans le groupe TIM. Cette différence est statistiquement significative. ( $P=0.05.DNS$ ). La fracture de l'appareillage est un paramètre difficilement comparable entre les deux groupes, car une fracture des bielles engendre, une gêne immédiate, voire même une blessure du patient. Elle est considérée comme une urgence et nécessite une consultation immédiate du patient. Alors que pour les élastiques, il s'agit plus d'une rupture, probablement liée au phénomène de fatigue de l'élastique, il n'existe aucune gêne de la part du patient, qui n'aura qu'à remplacer de lui-même l'élastique défectueux.

Malgré cela, nous avons tenu à évaluer cette complication fréquemment retrouvée dans nos lectures sur les dispositifs de propulsion fixes. En effet, Schiöth et al<sup>(304)</sup> retrouvent dans leur étude que la fracture de l'appareillage était la complication la plus fréquente des bielles de Herbst, avec un taux de (66%). Ceci pourra éventuellement aider l'orthodontiste dans le choix d'un appareil lorsqu'il voudra entreprendre une thérapie myofonctionnelle et surtout de prendre le temps de bien expliquer aux patients les précautions à prendre afin de diminuer ce risque de fracture ; (bâillement, aliments durs, rire bouche grande ouverte...).

A la lumière de nos résultats, il semblerait donc que le port des bielles soit plus contraignant au quotidien pour le patient, que le port de tractions intermaxillaires de classe II, même si nous avons constaté que cette gêne a tendance à diminuer avec le temps et que les patients finissent par s'adapter à leur appareillage. En effet plusieurs études ont retrouvé que le FFRD est relativement bien accepté par les patients, la plupart des patients éprouvent un inconfort et des limitations fonctionnelles au début du traitement, mais 89,8% ont déclaré s'habituer à leur appareil dans les quatre semaines. La majorité de ceux qui avaient des élastiques précédemment portés trouvaient que le FFRD était « plus facile au quotidien ».<sup>(49,261)</sup>

Dans l'étude de De Felipe<sup>(305)</sup> comparant l'inconfort du patient vis-à-vis du FFRD, avec celui du « Palatal Expander », il semble que les porteurs de FFRD éprouvent une quantité similaire d'inconfort, mais ont moins de problèmes d'élocution et de mastication. L'absence de recouvrement palatin avec le FFRD affecterait moins le déroulement des fonctions orales. Ces limitations fonctionnelles et l'impact sur les activités quotidiennes semblent diminuer avec le temps dans la plupart des études.<sup>(49,305)</sup> Dans notre étude, le questionnaire de confort a été distribué aux patients lors de la deuxième consultation, ce qui peut expliquer nos résultats. En

effet, une deuxième évaluation par le même questionnaire, juste avant la dépose du correcteur de classe II, nous aurait permis de compléter nos résultats. De plus, le FFRD à été inséré sur des arcs continus, l'utilisation d'arc sectionnel à l'arcade inférieure, aurait fourni un glissement plus long, permettant à la bouche d'être ouverte plus largement et limitant ainsi les risques de fracture de l'appareillage lors du bâillement.

En ce qui concerne l'expérience avec les élastiques de classe II, les résultats étaient légèrement inférieurs à ce qui a été trouvé par Heinig et L'étude de Goz<sup>(54)</sup>, dans laquelle les deux tiers des patients déclaraient préférer le ressort Forsus Nitinol aux activateurs et aux élastiques de classe II. Par contre, il ne s'agit pas du même ressort que celui utilisé dans notre étude.

Cependant, tel que rapporté dans la communauté orthodontique, il peut être avantageux de privilégier un appareil de propulsion fixe chez les patients montrant peu de coopération.

Néanmoins, il faudra tout de même rappeler que l'appareil fixe peut engendrer plus d'urgences. Dans une étude effectuée par O'Brien comparant le *Herbst* et le *Twin-Block*, il est fait mention d'un manque de coopération de 33,6% pour le *Twin-Block* et de certains problèmes techniques (12,9%) avec le *Herbst*.<sup>(24)</sup>

Enfin, Il est important à noter que, nous n'avons malheureusement pas considéré l'aspect psychologique des patients dans notre étude. Il est prouvé qu'il existe une relation entre le bien-être psychologique du patient et la perception de la douleur lors des traitements orthodontiques<sup>(303)</sup>. Il a été rapporté que la douleur éprouvée par les patients n'est pas directement reliée à la force appliquée, mais relève plutôt de leur bien-être psychologique et la valeur qu'ils accordent au traitement orthodontique.<sup>(306)</sup>

La susceptibilité physiologique et psychologique du patient peut devenir un facteur important dans la perception de la douleur causée par l'appareil orthodontique inséré.

La littérature rapporte que toutes les procédures orthodontiques procurent de la douleur aux patients. Il est aussi rapporté que les appareils fixes, procurent plus de douleur que les appareils amovibles, ou fonctionnels.<sup>(307,308)</sup> Oliver et Knapman<sup>(309)</sup> n'ont pas trouvé de différence entre la douleur associée aux appareils fixes ou amovibles.

En somme, la différence de la taille échantillonnale, de la méthodologie, des analyses céphalométriques utilisées, de la technique multiattache associée... ont rendu assez difficile la comparaison avec d'autres études retrouvées dans nos lectures. Néanmoins afin de mieux positionner nos résultats, nous avons tenu à dresser un tableau comparatif avec des études similaires (tableau XXXIV)

Tableau(XXXIV) : Tableau comparatif entre nos résultats et ceux d'autres études similaires

Études	Effets du traitement	Conclusion des auteurs
Nelson et al.2000 TIM cl II- technique Begg (18 patients) Vs Herbst (18patients)	Groupe TIM Vs Herbst Squelettiques : Maxillaire (mm) :+1.3 vs+0.3 Mandibule (mm) :+1.6vs2.6 Amélioration des bases osseuses (mm) : -0.3 vs-2.3. Dento-alvéolaires : Overjet (mm) :-6.7 vs-4.6 Incisive supérieure (mm) :-5.1 vs-2.2 Incisive inférieure (mm) :+1.4 vs+inchangée Correction molaire (mm) :3.1 vs 3. Hauteur faciale (mm) :+4.2 vs+3.2	Les effets contribuant à la correction de la classe II sont dento-squelettiques avec les deux traitements. Cependant ils sont plus important le Herbst. d'un autre coté, les effets verticaux défavorables sont observés dans les deux groupes mais sont plus prononcés avec les TIM de cl II
Jones .G .2008 TIM cl II (34 patients) Vs Forsus Tm (34 patients)	Groupe TIM vs Forsus Squelettiques Maxillaire, mm _1.5 vs_ 1.7 Mandibulaire, mm 3.8 vs 4.4 ABCH, mm 2.3 vs 2.6 Dento-alvéolaire : ovejet, mm 2.8,+ vs+2.2 U1, mm _0.3 vs _0.7 L1, mm 0.8 vs1.2 U6, mm _0.6 vs _1.2 L6, mm 0.7a vs1.3 DS Correction molaire mm 2.4,vs 3.2 DS .0 Changement verticaux : U1-ANSPNS, mm (1,2 vs 0.5)	Même si les effets du Forsus étaient relativement plus importants par rapport à ceux obtenus avec les TIM.IL n'ya pas de différence significative entre ces deux traitement sauf pour la correction molaire qui était significativement plus importante dans le groupe Forsus.
Notre étude TIM cl II (38 patients) Vs Forsus FFRD (38 patients)	Groupe TIM vs Forsus Squelettiques Maxillaire, mm _0.46 vs -1.64 Mandibulaire, mm 0.97 vs 4.23 .DS ANB(°) :1.41, vs 2,03 Dento-alvéolaire : Ovejet mm : +3.07vs + 4.1 inc sup,Olp-is mm : -2.22 vs-3.78 Inc inf,Olp-ii mm +3.25 vs +2.12 Mol sup,Olp-ms mm +0.30 vs +0.13 Mol inf Olp-Mi mm 2.18 vs 2.22 Correction molaire mm 2.03, vs 3,13 Changement verticaux : Axe y (°) : +2.57 vs +0.03 FMA (°) :+3.48 vs +1.31 .DS	Nous avons trouvé des différences significatives concernant les effets squelettiques mandibulaires dans le sens sagittal et vertical (FMA) en faveur du groupe Forsus. Pour les changements maxillaires et dento_ alvéolaires, il n'y'avait pas de différences significatives entre les deux traitements.

## **Forces et limites de l'étude**

L'homogénéité des deux groupes avant le traitement, La taille de notre échantillon, la prise en charge radiographique par le même opérateur et dans le même centre d'imagerie, la réalisation du traitement et des 152 tracés céphalométriques par le même investigateur et la comparaison de deux thérapeutiques utilisées conjointement à la thérapeutique fixe multiattache, ont permis d'écarter certains biais de mesures et d'évaluation de notre étude.

Notre protocole tient compte de la maturité squelettique réelle du patient selon les stades CVS et non pas de l'âge civil, ce qui nous a permis de situer avec précision le potentiel de croissance de nos patients. Celui ci étant directement lié à notre réponse thérapeutique.

En revanche, il n'y'a pas eu randomisation de nos patients. En effet si l'étude avait été randomisée de façon conventionnelle, nous n'aurions pas pu vérifier les effets réels des élastiques, ceux-ci nécessitant l'entière collaboration du patient pendant une durée relativement longue (six mois) ce qui pourrait favoriser l'apparition de biais d'attrition dans le groupe TIM à la fin de notre étude. Cette nécessité a compliqué de beaucoup la sélection des patients.

Nous n'aurions pas pu également obtenir le consentement éclairé chez un certains nombre de patients réticents à recevoir un traitement d'une manière aléatoire. Toutefois, le fait de ne pas avoir fait de randomisation réduit du pouvoir statistique de notre étude.

Les essais cliniques randomisés assortis de témoins constituent, la référence absolue dans le domaine de la médecine fondée sur la « preuve ». Néanmoins certains procédés communément utilisés en médecine ne peuvent être appliqués en orthodontie. Nous pouvons citer à titre d'exemple : le protocole d'intervention en « double aveugle », qui ne peut être envisagé dans notre spécialité pour des raisons pratiques bien évidentes.

Dans le même ordre d'idées, ne pas avoir de véritable groupe contrôle peut constituer une autre limitation. L'étude étant comparative, les résultats s'avèrent cependant recevables puisque nous avons deux traitements en comparaison.

Enfin, même si il s'agit d'un procédé communément utilisé dans le domaine médical, l'appréciation de la douleur via le questionnaire de confort peut être jugée relativement subjective, surtout si l'aspect psychologique des patients n'a pas été pris en compte.

Cependant, la douleur étant elle-même un paramètre subjectif, l'échelle d'évaluation reste un outil commun à toutes les études scientifiques.

## **9. Démarche clinique illustrée**

## **9. Démarche clinique illustrée :**

Pour chaque patient :

Un examen clinique complet a été minutieusement réalisé selon la fiche clinique (annexe n°2).

Des photos intra et extra buccales ont été prises à chaque rendez vous.

Un examen radiologique (TLR de profil), ainsi que des analyses céphalométriques ont été réalisées avant traitement en T0, et après dépose du correcteur de classe II en T2.

Afin de visualiser les effets de notre traitement, des superpositions des tracés céphalométriques en T0 et T2 ont été réalisées par le logiciel Wep.ceph<sup>TM</sup>

### Cas clinique n°1 : (Groupe bielles de propulsion)

Il s'agit de H.B, de sexe féminin, âgée de 13 ans, sans antécédents médicaux.

1. Examen clinique de face et de profil : étage inférieur de la face augmenté avec absence de Stomion, le profil cutané est convexe, avec un angle naso-labial fermé.
2. L'examen endo-buccal révèle la présence d'une arcade supérieure en V, à l'arcade inférieure, on note l'absence de la 37. L'examen occlusal révèle au niveau incisif un overjet de 10 mm, un overbite de 3mm. Latéralement on note une classe II canine et molaire.
3. L'examen des moulages révèle la présence d'une DDM par macrodontie relative au maxillaire évaluée à -4mm. Il n'y a pas de DDM à l'arcade inférieure.
4. L'examen fonctionnel révèle la présence d'une déglutition atypique avec pulsion linguale antérieure.



Photos de face avant traitement(T0).



Photos de profil avant traitement (T0)



Photos intra-orales avant traitement (T0)

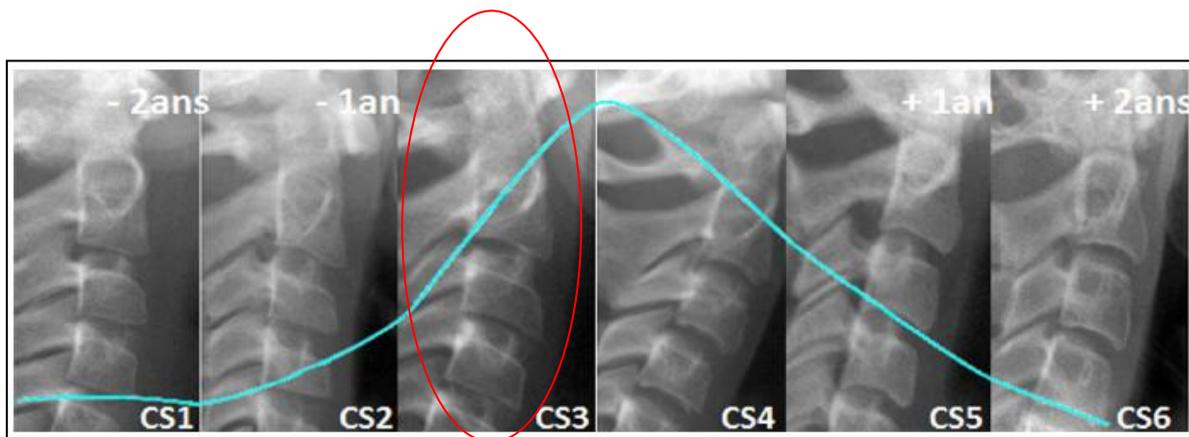
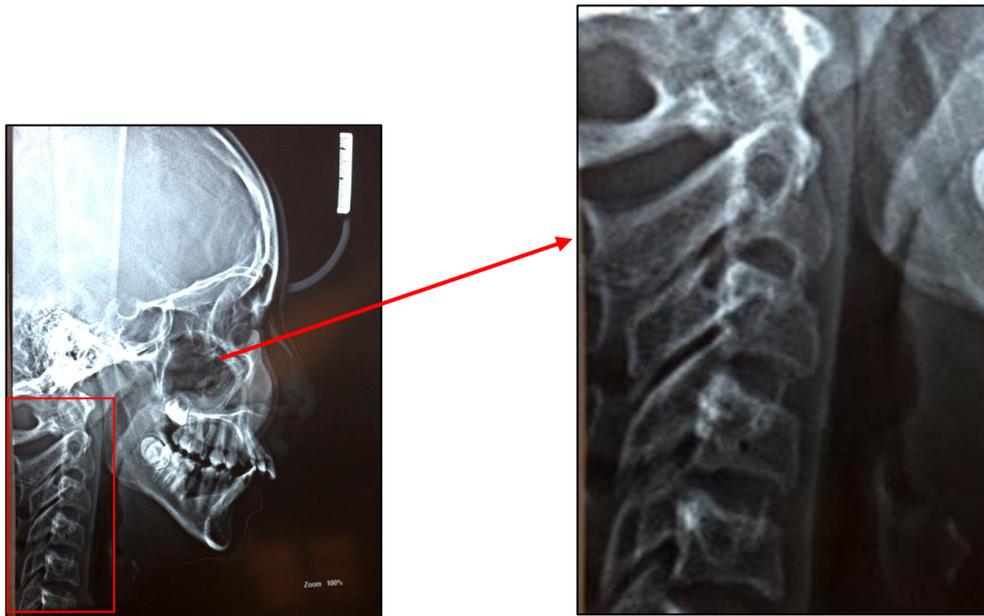
5. Examens radiologiques (T0) :



L'analyse céphalométrique objective la responsabilité mandibulaire (rétrognathie mandibulaire,  $SNB=74^\circ$ ), ainsi que la présence d'une proalvéolie inférieure ( $IMPA=98$ ). (Les valeurs céphalométriques seront mentionnées dans le volet analyses céphalométriques)



Estimation de l'âge osseux selon le stade de maturation des vertèbres cervicales de Lamparski. (Stade CS3)



6. Diagnostic étiologique :

Notion d'hérédité retrouvée dans la fratrie et présence d'une pulsion linguale antérieure.

7. Diagnostic synthétique :

Il s'agit d'une classe II à responsabilité mandibulaire, une croissance mandibulaire à tendance postérieure, une croissance faciale moyenne, une pro-alvéolie inférieure compensatrice et une DDM par macrodontie relative de -4 mm à l'arcade supérieure. Le profil cutané est convexe.

8. Plan de traitement :

Traitement fixe multiattache associé à des bielles de propulsion Forsus FFRD

9. Déroulement du traitement :

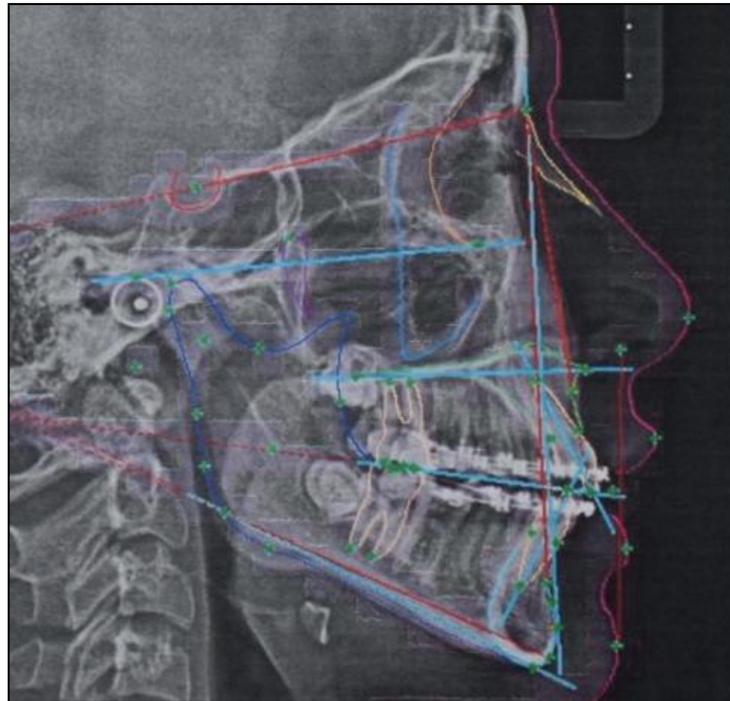
Après une phase préliminaire de nivellement des arcades (08 mois), mise en place du FFRD



Dépose du FFRD après 06 mois de port



Réalisation de la 2ème téléradiographie de profil prise après dépose du FFRD (T2)



Après une dernière étape de finition ,dépose de l'appareil fixe multiattache +contention(gouttière maxillaire+contention collée de 33 à 43).





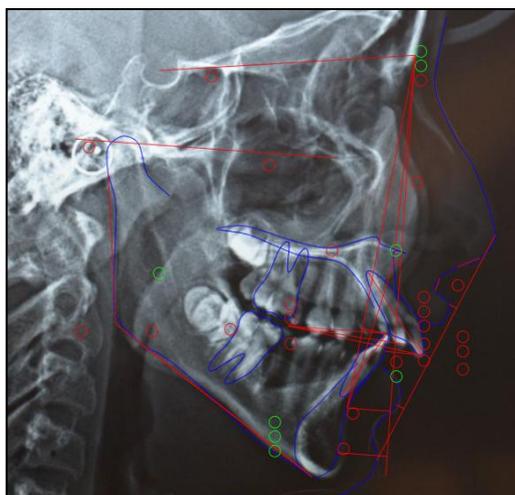
Photos extra et intra-orales après la fin du traitement fixe

Examens radiologiques après dépose du dispositif fixe multiattache

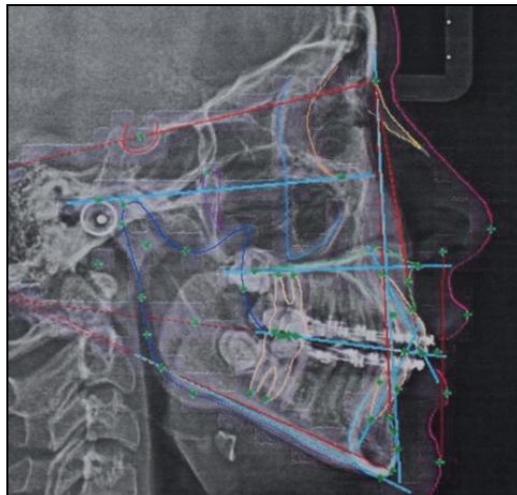


## Analyses céphalométriques

Avant traitement

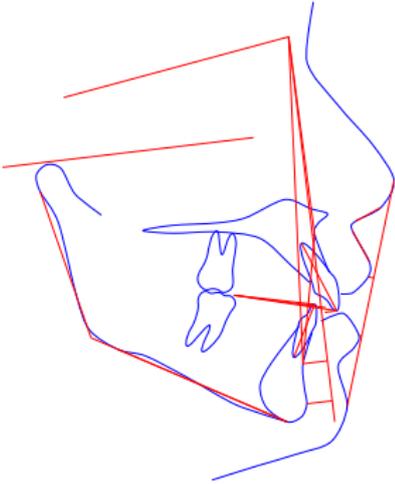
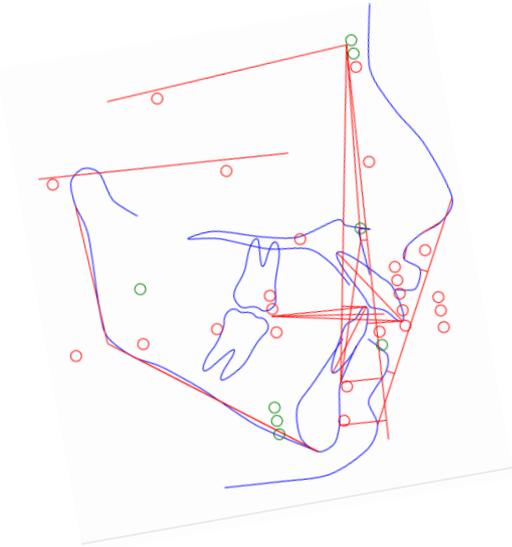
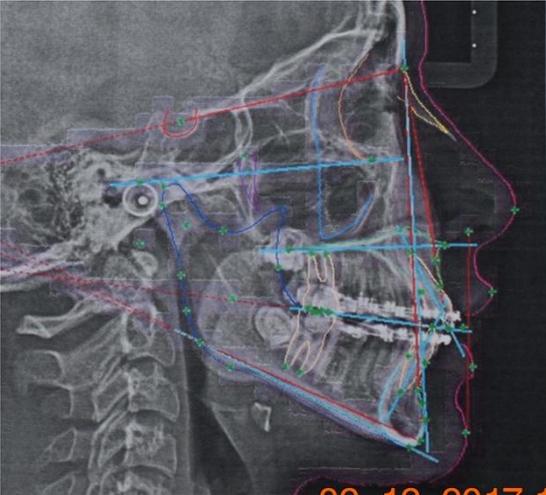
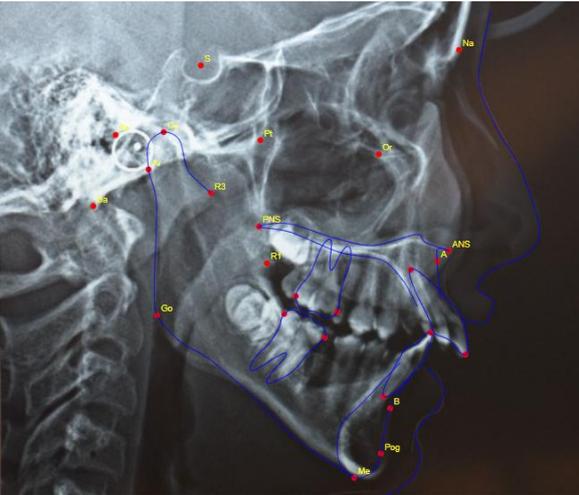


Après dépose du FFRD



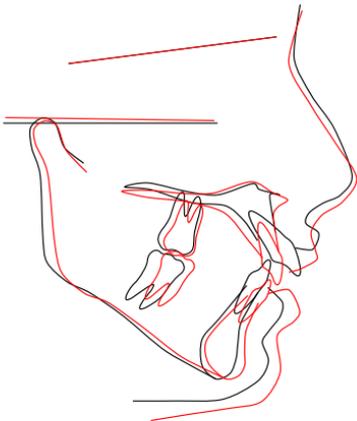
Analyses	Valeurs	Unités	Avant trt (T0)	Après trt (T2)
DOWNS	SNA	degrés	82	79
	SNB	degrés	74	77
	ANB	degrés	08	02
TWEED	AoBo	mm	07	03.5
	FMA	degrés	32	32
	Axe Y	degrés	58	59
	I/F	degrés	123	111
	IMPA	degrés	98	103
PANCHERZ	Olp-ss	mm	76	75
	Olp-Pog	mm	66	70
	Co-Olp	mm	09	04
	Co-Pog	mm	96	102
	Olp-is	mm	81	78
	Olp-ii	mm	71	75
	Olp-is—Olp-ii	mm	10	03
	Olp-Ms	mm	48	48
	Olp-Mi	mm	47	49
	Mi-Ms	Mm	-01	01
	Index HFI		65	62
Ricketts(Ligne E)	Profil cutané		Convexe	Rectiligne
Age osseux Stade CVM	Stade CS3			

# Superpositions

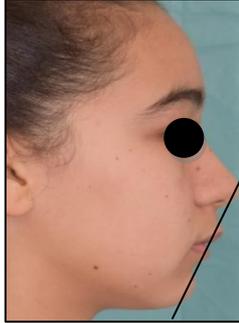


● Pre-Tx : 2017-09-21  
● Post-Tx : 2018-11-29

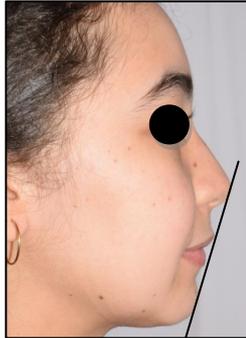
WEBCEPH



Avant



Après



Avant traitement (T0)

Après traitement (T2)

Après dépose

**Cas n° 2 : (groupe bielles de propulsion) H.C âgée de 13 ans.**

1. Examen clinique de face et de profil : bonne proportion des étages de la face, le profil cutané est convexe, avec un biprochéliie
2. L'examen endo-buccal révèle un overjet de 06 mm, un overbite de 2mm. Latéralement on note une classe II canine et molaire .
3. L'examen des moulages révèle la présence d'une DDM par macrodontie relative au maxillaire évaluée à -6mm et -4mm à l'arcade inférieure.
4. L'examen fonctionnel révèle la présence d'une déglutition atypique avec pulsion linguale antérieure.



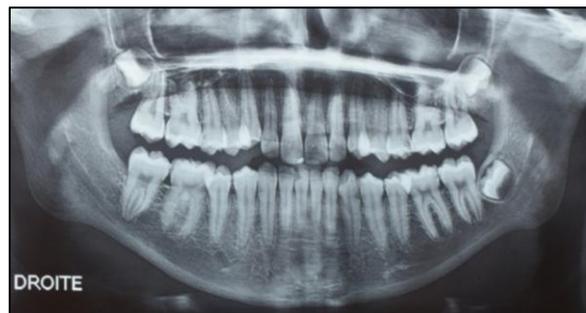
Photos extra-orales avant traitement(T0)



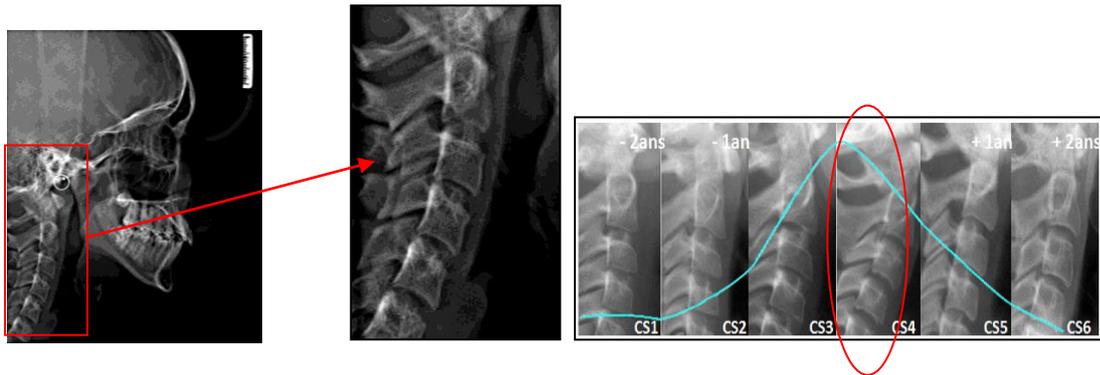
Photos intra-orales avant traitement(T0).

### 5. Examens Radiologiques avant traitement (T0)

L'analyse céphalométrique révèle une classe II par rétro-mandibulie et une croissance mandibulaire à tendance postérieure.



Estimation de l'âge osseux selon le stade de maturation des vertèbres cervicales de Lamparski



Stade CS4

#### 6. Diagnostic étiologique

Notion d'hérédité retrouvée lors de l'interrogatoire et présence d'une pulsion linguale antérieure.

#### 7. Diagnostic synthétique

Il s'agit d'une classe II à responsabilité mandibulaire, une croissance mandibulaire à tendance postérieure, une croissance faciale moyenne et une DDM par macrodontie relative de -6 mm à l'arcade supérieure et -4mm à l'arcade inférieure. Le profil cutané est convexe

#### 8. Plan de traitement

Traitement fixe multiattache associé à des bielles de propulsion Forsus FFRD

#### 9. Déroulement du traitement

Après une phase de nivellement préliminaire, mise en place des bielles FFRD

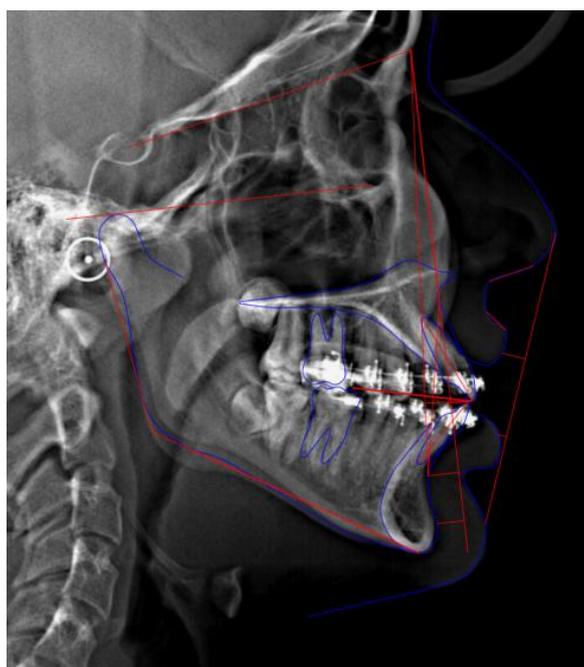


Mise en place du FFRD

Dépose du FFRD après 06 mois de port.



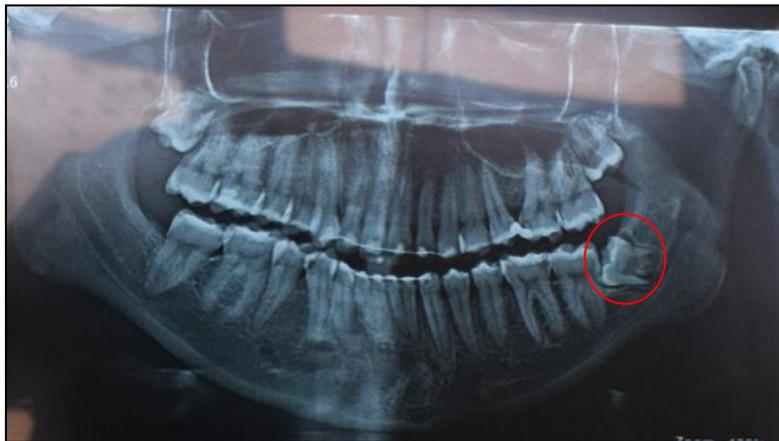
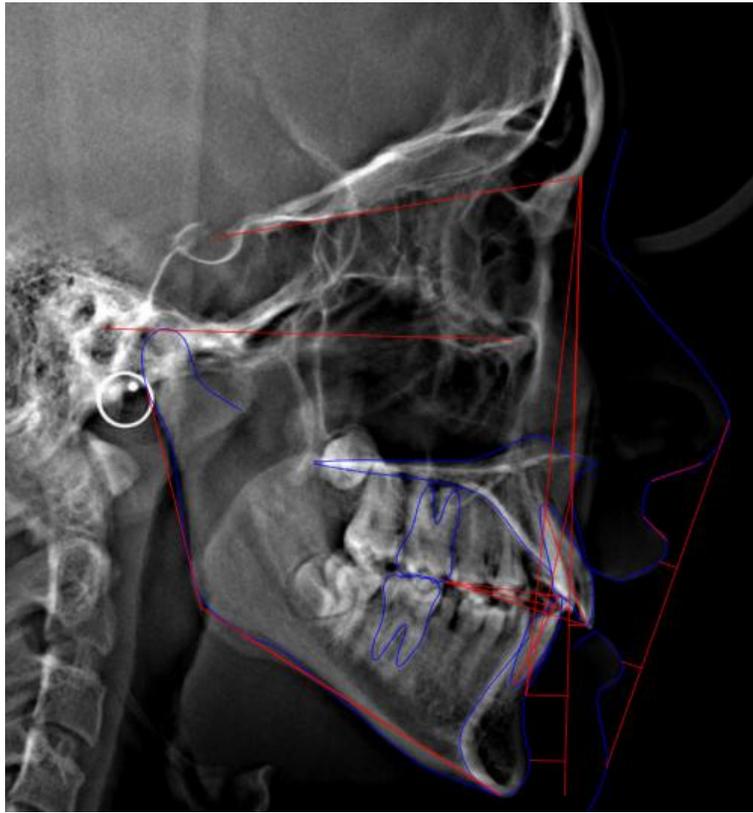
Réalisation de la deuxième téléradiographie après dépose du FFRD (T2)



Après une phase de finition, dépose du dispositif fixe multiattache, et contention collée aux deux arcades +orientation en pathologie buccale pour l'extraction chirurgicale de la 38.

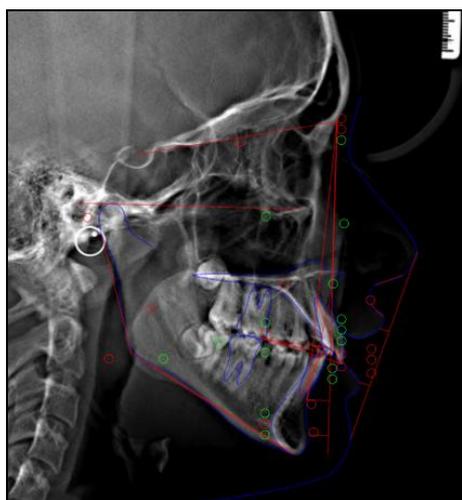


Photos extra et intr-orale apres depose du dispositif fixe (T2)

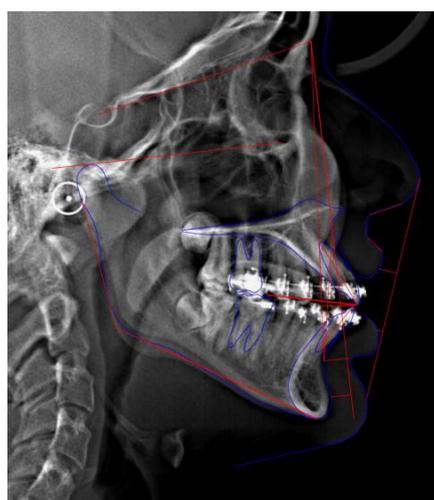


Examens radiologiques après la fin du traitement fixe

Analyses céphalométriques :



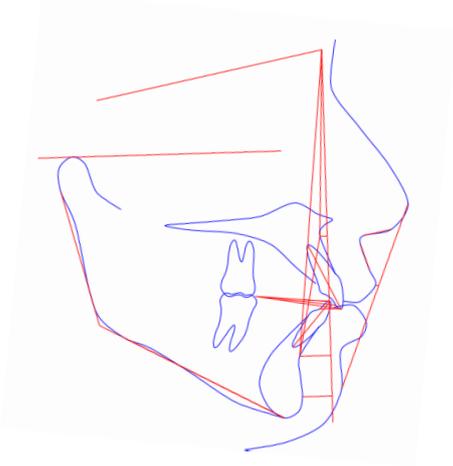
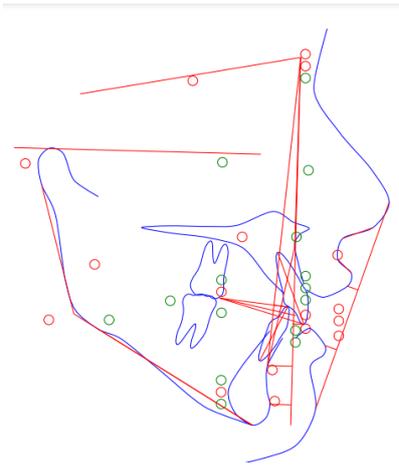
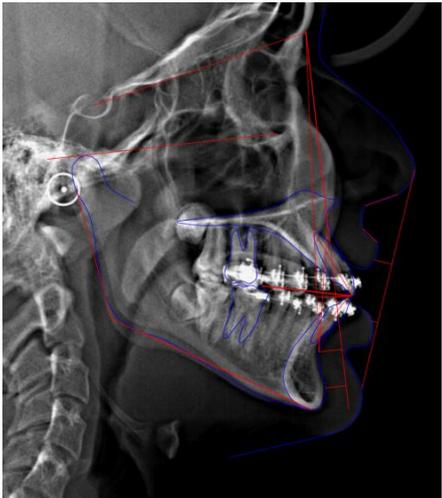
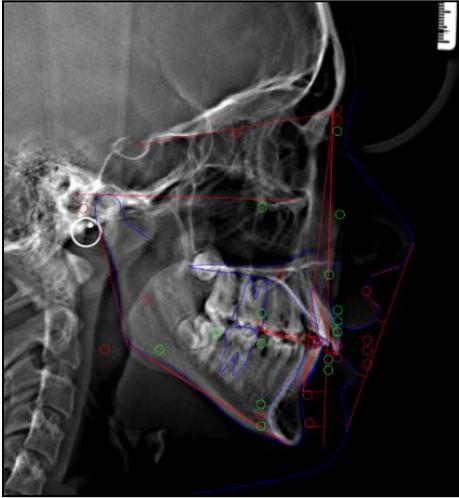
Avant traitement (T0)



Après dépose du FFRD (T2)

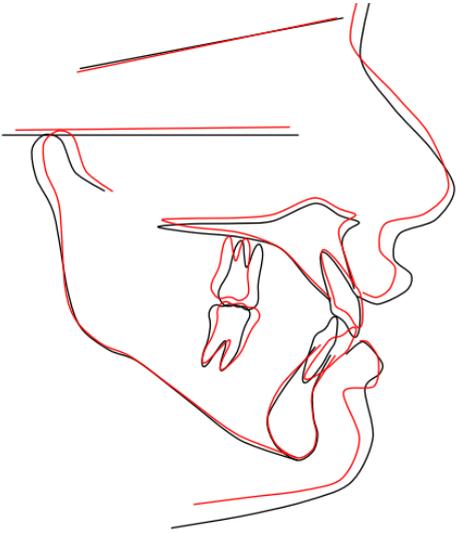
Analyses	Valeurs	Unités	Avant traitement (T0)	Après traitement (T2)
DOWNS	SNA	Degrés	80	80
	SNB	Degrés	75	77
	ANB	Degrés	05	02
TWEED	AoBo	Mm	04	02
	FMA	Degrés	34	35
	Axe Y	Degrés	58	59
	I/F	Degrés	117	110
	IMPA	Degrés	92	102
PANCHERZ	Olp-ss	Mm	68	65
	Olp-Pog	Mm	71	72
	Co-Olp	Mm	02	04
	Co-Pog	Mm	94	95
	Olp-is	Mm	77	75
	Olp-ii	Mm	72	75
	Olp-is—Olp-ii	Mm	05	00
	Olp-Ms	Mm	43	41
	Olp-Mi	Mm	40	44
	Mi-Ms	Mm	-3	3
	Index HFI	(rapport)	0.59	0.57
Ricketts(Ligne E)	Profil cutané		Convexe +++	Convexe+
Age osseux Stade CVM	Stade CS4			

Superpositions



• Pré traitement

• Post traitement



**Cas n°3 : (Groupe bielles de propulsion).**B.A. de sexe masculin, âgé de 12 ans.

1. Examen clinique de face et de profil : étage inférieur de la face augmenté avec absence de Stomion, le profil cutané est convexe, avec une rétrognéie assez marqué de profil
2. L'examen endo-buccal révèle un overjet de 09 mm, une classe II molaire et canine droite (la13 n'a pas encore fait son éruption), avec un overjet de 09mm et une forte supraclusion OB=8mm.
3. L'examen des moulages révèle la présence d'une DDM limitée à l'arcade supérieure et une DDM par macrodontie relative de -5mm à l'arcade inférieure.
4. L'examen fonctionnel révèle la présence d'une respiration mixte, en rapport avec la présence d'une hypertrophie des amygdales palatines et d'une déglutition atypique avec pulsion linguale antérieure.
- 5.



Photos extra-oraux avant traitement(T0).



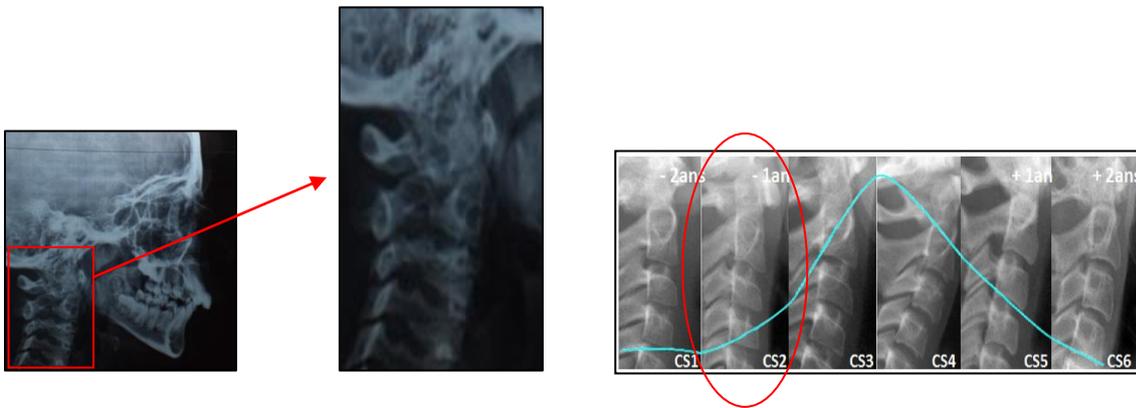
Photos intra-orales avant traitement(T0).

## 6. . Examens radiologiques (T0)





Estimation de l'âge osseux selon le stade de maturation des vertèbres cervicales de Lamparski : Stade CS2



## 6. Diagnostic étiologique

Notion d'hérédité retrouvée lors de l'interrogatoire, présence d'une respiration mixte et une pulsion linguale antérieure.

## 7. Diagnostic synthétique

Il s'agit d'une classe II à responsabilité mandibulaire, une croissance mandibulaire et faciale moyenne et une DDM par macrodontie relative de -5 mm à l'arcade inférieure. Le profil cutané est convexe.

## 8. Plan de traitement

Orientation en ORL pour examiner l'hypertrophie amygdalienne.

Traitement fixe multiattache associé à des bielles de propulsion Forsus FFRD

## 9. Déroulement du traitement

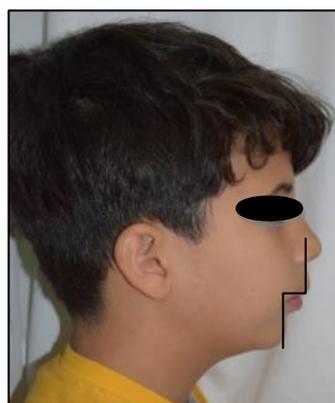
Étape de nivellement préliminaire : 13 mois



Mise en place des bielles de propulsion FFRD



Six mois après, dépose des bielles de propulsion



Notez l'amélioration du profil et de la rétrognathie

Le patient suit actuellement une phase de finitions.

Analyses céphalométriques :

Avant traitement (T0)



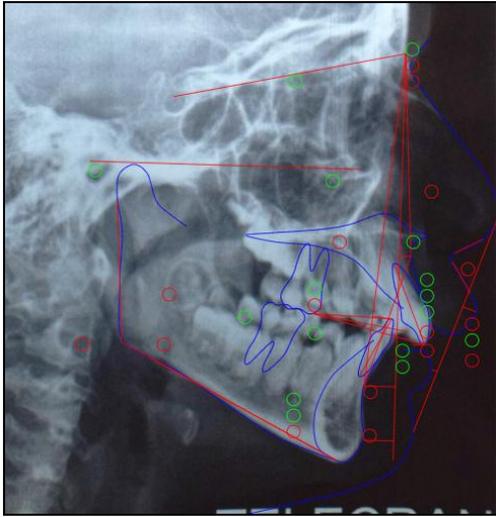
Après traitement (T1)



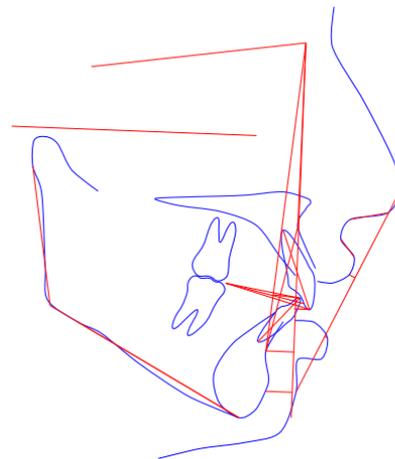
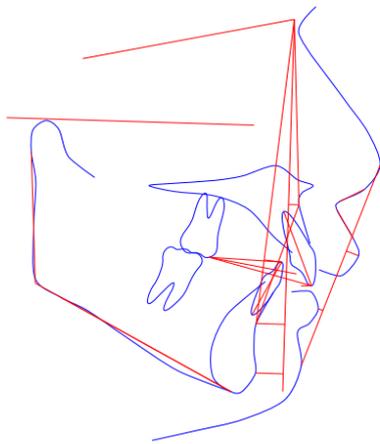
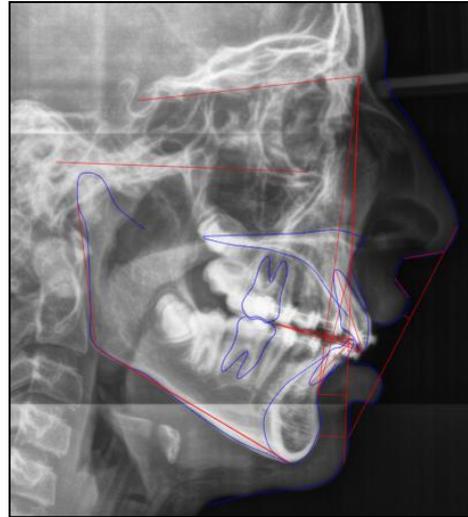
Analyses	Valeurs	Unités	Avant traitement (T0)	Après traitement (T2)
DOWNS	SNA	degrés	79	78
	SNB	degrés	72	77
	ANB	degrés	7	1
TWEED	AoBo	mm	4	3
	FMA	degrés	30	31
	Axe Y	Degrés	58	59
	I/F	degrés	115	108
	IMPA	degrés	90	96
PANCHERZ	Olp-ss	mm	74	74
	Olp-Pog	mm	75	85
	Co-Olp	mm	11	07
	Co-Pog	mm	102	106
	Co-Go	mm	48	51
	Olp-is	mm	86	83
	Olp-ii	mm	77	79
	Olp-is—Olp-ii	mm	09	04
	Olp-Ms	mm	48	50
	Olp-Mi	mm	45	50
	Mi-Ms	Mm	-3	0
	Index HFI	(rapport)	0.62	063
	Ricketts(Ligne E)	Profil cutané		Convexe
Age osseux Stade CVM	Stade CS2			

# Superpositions

TLR avant traitement (T0)

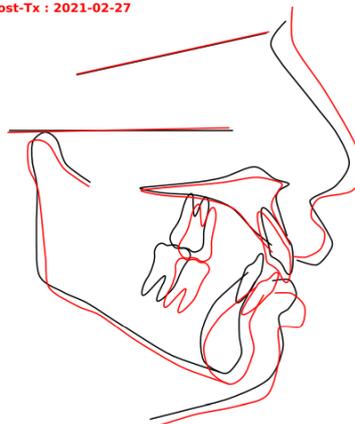


TLR après traitement (T2)



WEBCEPI

- Pre-Tx : 2019-12-15
- Post-Tx : 2021-02-27



**Cas n°4 : (Groupe TIM de classe II)** H.B. de sexe féminin, âgée de 13 ans.

1. Examen clinique de face et de profil : L'étage inférieur de la face est augmenté. On note une incompetence labiale avec absence de Stomion, le profil cutané est convexe.
2. L'examen endo-buccal révèle une classe II canine et molaire avec une arcade supérieure en V, un overjet de 06 mm et une supraclusion OB=6mm.
3. L'examen des moulages révèle la présence d'une DDM par macrodontie relative de -3mm à l'arcade supérieure, et -4mm à l'arcade inférieure.
4. L'examen fonctionnel révèle la présence d'une respiration mixte, en rapport avec la présence d'hypertrophies des amygdales palatines et d'une déglutition atypique avec pulsion linguale antérieure.



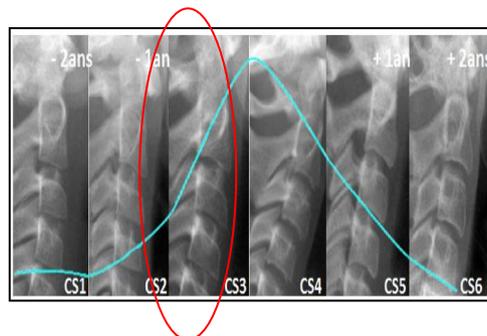
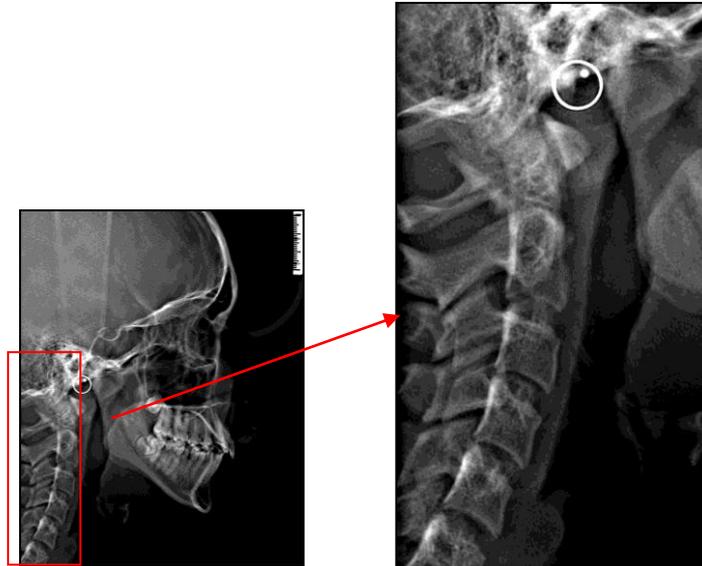
Photos extra et intra-orales avant traitement (T0)

5. Examens radiologiques avant traitement(T0) révèle la présence d'une classe II squelettique à responsabilité mandibulaire, une croissance mandibulaire à tendance postérieure et une proalvéolie inférieure.



Estimation de l'âge osseux selon le stade de maturation des vertèbres cervicales selon Lamparski

Stade CS3



#### 6. Diagnostic étiologique

Notion d'hérédité retrouvée lors de l'interrogatoire, présence d'une respiration mixte et une pulsion linguale antérieure.

#### 7. Diagnostic synthétique

Il s'agit d'une classe II à responsabilité mandibulaire, une croissance mandibulaire à tendance postérieure et une proalvéolie inférieure. On note une DDM par macrodontie relative de -3mm à l'arcade supérieure et de -4 mm à l'arcade inférieure. Le profil cutané est convexe.

#### 8. Plan de traitement

Orientation en ORL pour examiner l'hypertrophie amygdalienne.

Traitement fixe multiattache associé à des élastiques de classe II.

## 9. Déroulement du traitement

Après une première phase de nivellement ; mise en place de TIM de classe II.



06 mois après, arrêt des TIM de classe II, 2eme TLR (T2)



Après une phase de finitions, dépose du dispositif fixe multiattache+ contention collée de 13 à 23 à l'arcade supérieure, et de 33 à 43 à l'arcade inférieure.



Photos de face à la fin du traitement fixe

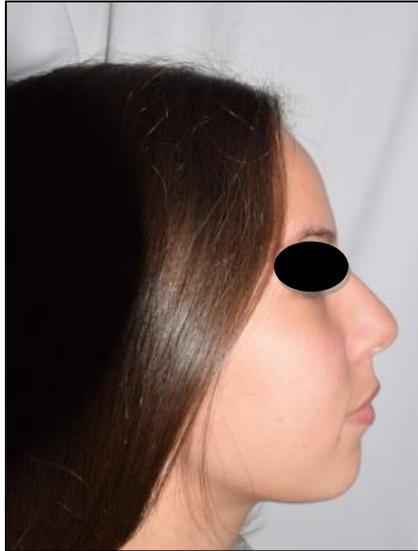


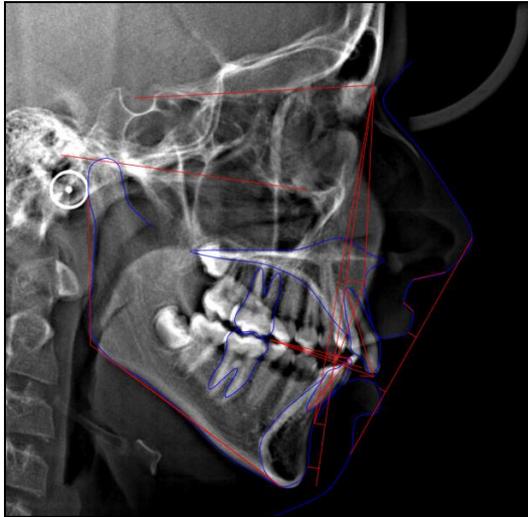
Photo de profil à la fin du traitement fixe



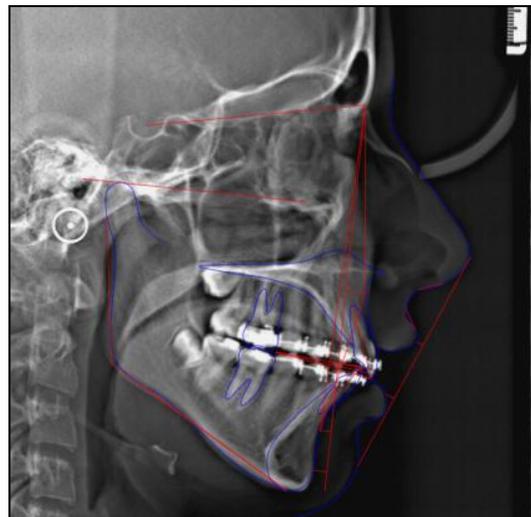
Photos intra-orales à la fin du traitement fixe.

## Analyses céphalométriques

Avant traitement (T0)



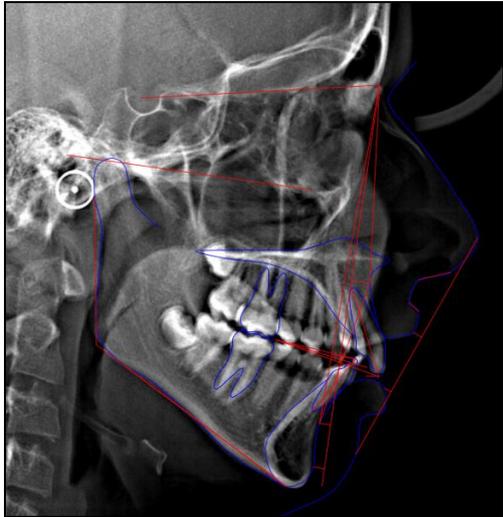
Après traitement (T2)



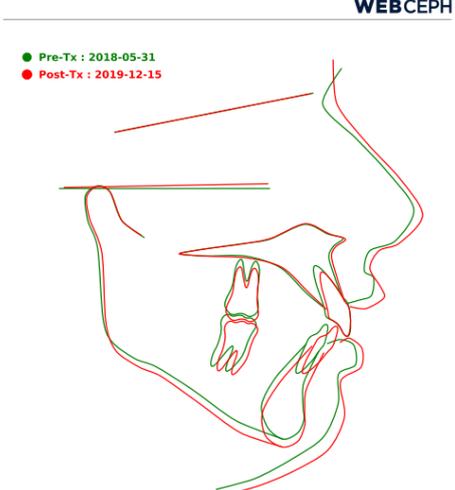
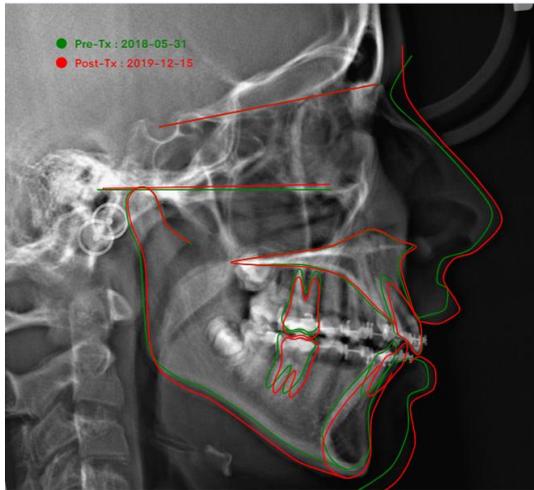
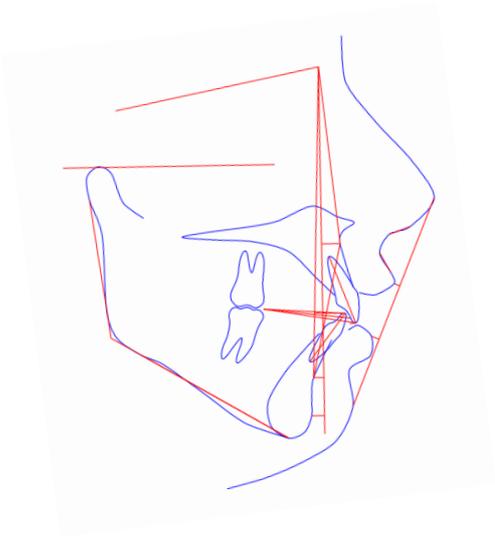
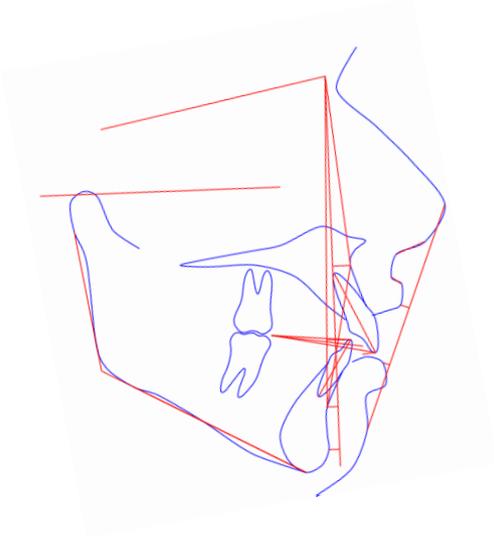
Analyses	Valeurs	Unités	Avant traitement (T0)	Après traitement (T2)
DOWNS	SNA	Degrés	82	81
	SNB	Degrés	74	77
	ANB	Degrés	08	04
TWEED	AoBo	Mm	04	03
	FMA	Degrés	32	33
	Axe Y	Degrés	60	61
	I/F	Degrés	118	116
	IMPA	Degrés	107	112
PANCHERZ	Olp-ss	Mm	68	68
	Olp-Pog	Mm	65	66
	Co-Olp	Mm	06	06
	Co-Pog	Mm	93	97
	Co-Go	Mm	44	46
	Olp-is	Mm	76	74
	Olp-ii	Mm	69	73
	Olp-is—Olp-ii	Mm	07	01
	Olp-Ms	Mm	46	46
	Olp-Mi	Mm	47	49
	Mi-Ms	Mm	01	03
	Index HFI	(rapport)	0.60	0.63
Ricketts(Ligne E)	Profil cutané		Convexe	Droit
Age osseux Stade CVM	Stade CS3			

Superpositions

Avant traitement (T0)



Après traitement T2



**Cas n°4 : (Groupe TIM de classe II) : D.A. de sexe féminin, âgée de 12 ans.**

1. Examen clinique de face et de profil : révèle la présence d'une incompétence labiale avec absence de Stomion et un étage inférieur augmenté. Le profil cutané est convexe.
2. L'examen endo-buccal révèle met en évidence une classe II molaire et canine, avec un overjet de 05mm, un palais ogival.
3. L'examen des moulages révèle la présence d'une DDM par macrodontie relative de -5mm à l'arcade supérieure et -3mm à l'arcade inférieure.
4. L'examen fonctionnel révèle la présence d'une respiration mixte et des troubles de la posture linguale, au repos et lors des fonctions (pulsion antérieure)



Photos intra et extra buccales avant traitement (T0)

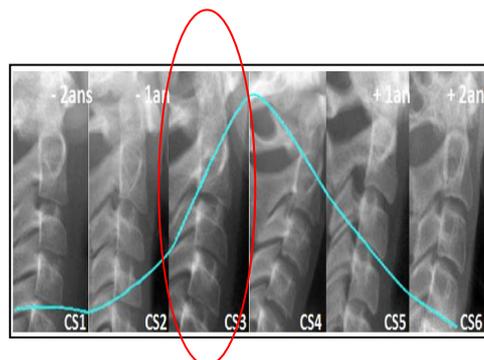
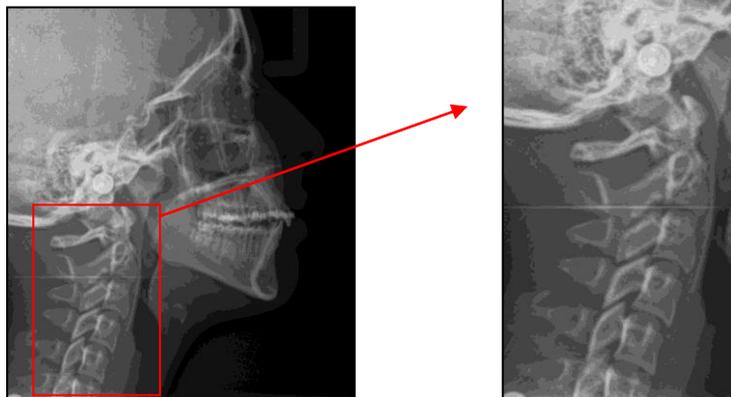
## 5. Examen radiologique

Il s'agit d'une classe II squelettique à responsabilité mandibulaire, une croissance mandibulaire et faciale moyenne et une proalvéolie inférieure.



Estimation de l'âge osseux selon le stade de maturation des vertèbres cervicales selon Lamparski

Stade CS3



## 6. Diagnostic étiologique

Notion d'hérédité retrouvée lors de l'interrogatoire, présence d'une respiration mixte et une pulsion linguale antérieure.

## 7. Diagnostic synthétique

Il s'agit d'une classe II à responsabilité mandibulaire, une croissance mandibulaire et faciale moyenne et une proalvéolie inférieure. On note une DDM par macrodontie relative de -5mm à l'arcade supérieure et de -3 mm à l'arcade inférieure. Le profil cutané est convexe.

## 8. Plan de traitement

Orientation en ORL pour examiner l'hypertrophie amygdalienne.

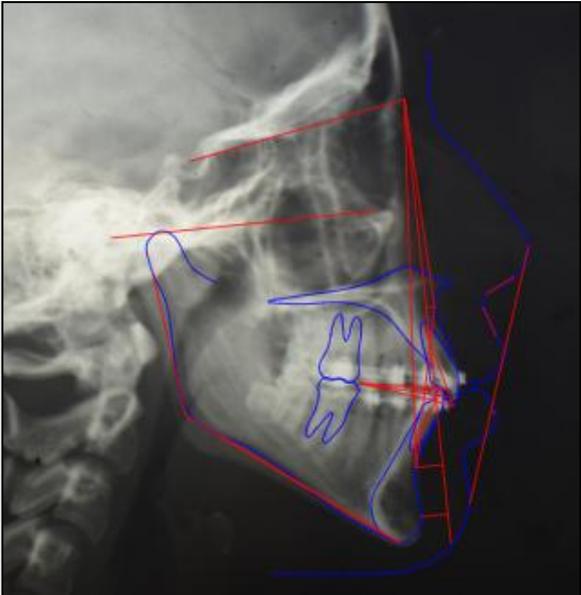
Traitement fixe multiattache associé à des élastiques de classe II.

## 9. Déroulement du traitement

Après une phase initiale de nivellement, mise en place des élastiques de classe II pendant 06 mois.



TLR après arrêt des élastiques de classe II. (T2)

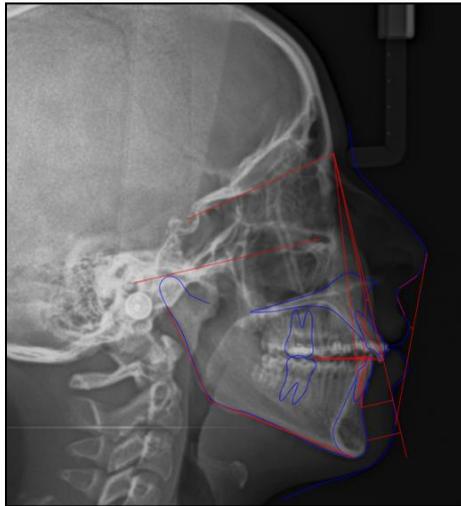


Fin du traitement fixe multiattache+ contention collée au deux arcades

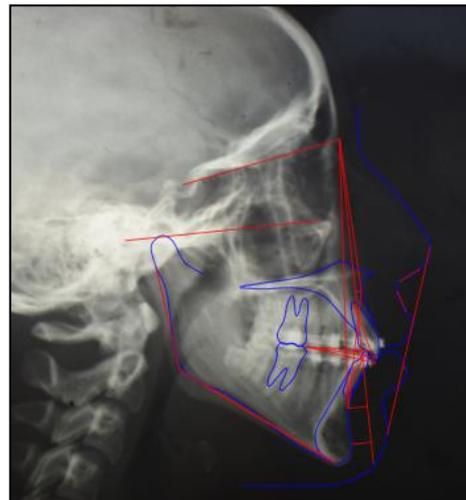


Analyses céphalométriques :

Avant traitement (T0)



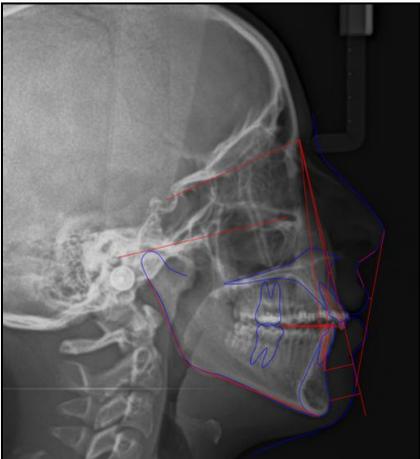
Après arrêt des TIM (T2)



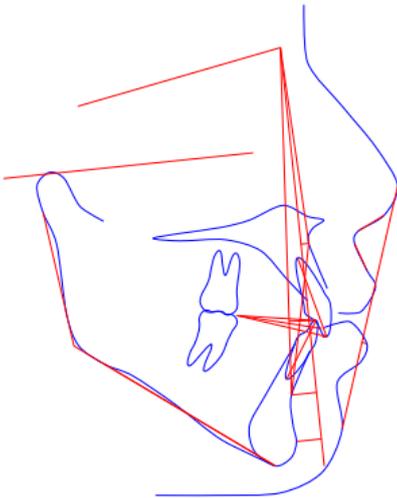
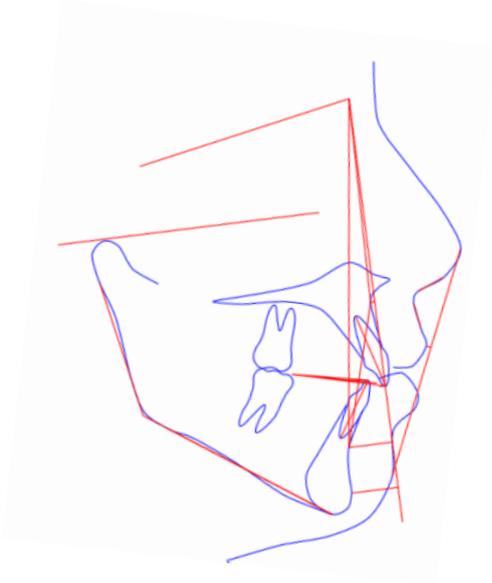
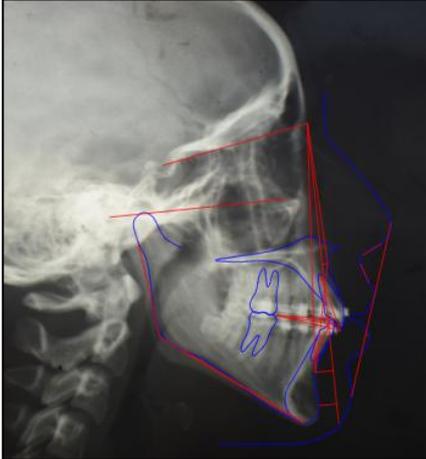
Analyses	Valeurs	Unités	Avant traitement (T0)	Après traitement (T2)
DOWNS	SNA	Degrés	79	79
	SNB	Degrés	75	76
	ANB	Degrés	4	3
TWEED	AoBo	Mm	5	4
	FMA	Degrés	29	32
	Axe Y	Degrés	59	60
	I/F	Degrés	116	116
	IMPA	Degrés	95	100
PANCHERZ	Olp-ss	Mm	65	65
	Olp-Pog	Mm	65	67
	Co-Olp	Mm	12	11
	Co-Pog	Mm	98	100
	Co-Go	Mm	43	43
	Olp-is	Mm	76	76
	Olp-ii	Mm	71	75
	Olp-is—Olp-ii	Mm	5	1
	Olp-Ms	Mm	42	43
	Olp-Mi	Mm	40	43
	Mi-Ms	Mm	-2	0
	Index HFI	(rapport)	0.59	0.64
	Ricketts(Ligne E)	Profil cutané		Convexe +++
Age osseux Stade CVM	Stade CS3			

Superpositions :

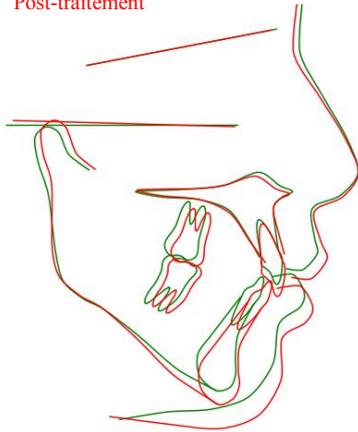
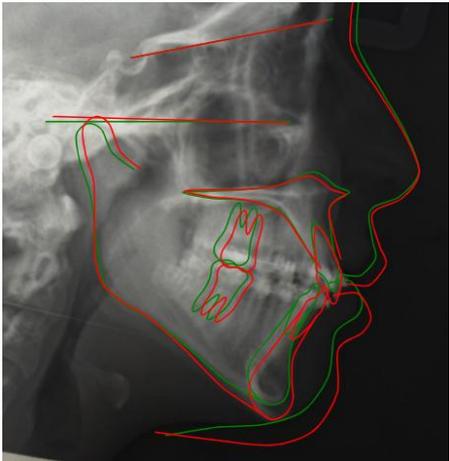
Avant traitement (T0)



Après arrêt des TIM (T2)



- Pré-traitement
- Post-traitement



**Cas n°6 : (Groupe TIM de classe II)** K.R. de sexe féminin, âgée de 12 ans.

1. Examen clinique de face et de profil : révèle la présence d'une incompeténcia labiale avec absence de Stomion, des yeux cernés et un étage inférieur augmenté. Le profil cutané est convexe avec prochéilie inférieure.
2. L'examen endo-buccal révèle la présence d'une classe II canine .Au niveau molaire, nous retrouvons une classe II gauche, et une classe I droite en relation avec la mésialisation de la 36(perte prématurée de la 75). L'overjet est de 5mm et l'overbite est de 06mm.
3. L'examen des moulages révèle la présence d'une DDM par macrodontie relative de -3mm à l'arcade supérieure et -5mm à l'arcade inférieure.
4. L'examen fonctionnel révèle la présence d'une respiration mixte et des troubles de la posture linguale (pulsion antérieure)



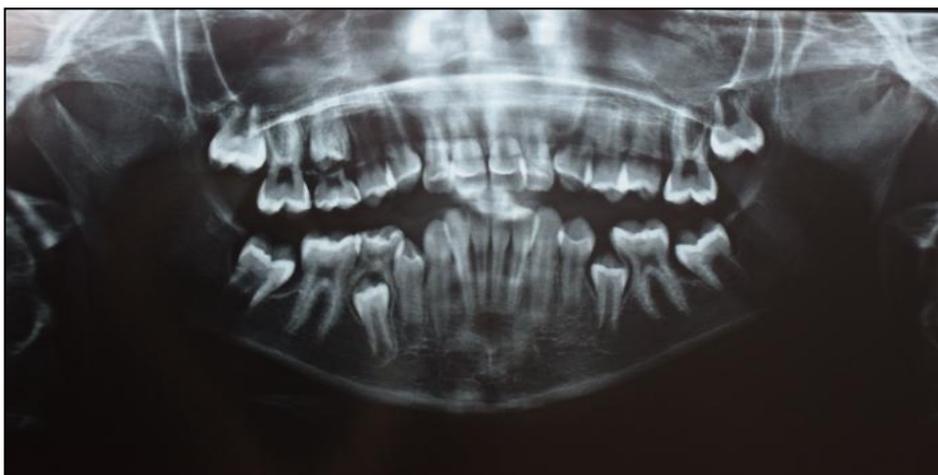
Photographies extra buccales avant traitement (T0)



Photographies intra-buccales avant traitement (T0)

##### 5. Examen radiologique avant traitement (T0)

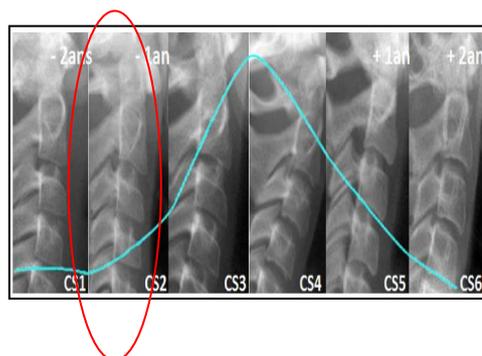
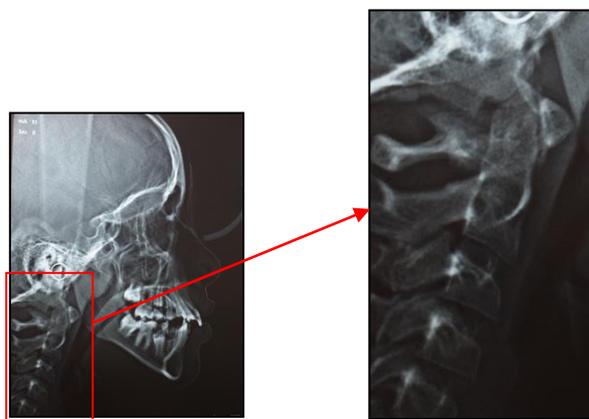
Il s'agit d'une classe II squelettique à responsabilité mandibulaire, une croissance mandibulaire et faciale moyenne. Le profil cutané est convexe





Estimation de l'âge osseux selon le stade de maturation des vertèbres cervicales selon Lamparski

Stade CS2



## 6. Diagnostic étiologique

Présence d'une respiration mixte et une pulsion linguale antérieure.

## 7. Diagnostic synthétique

Il s'agit d'une classe II à responsabilité mandibulaire, une croissance mandibulaire et faciale moyenne. On note une DDM par macrodontie relative de -3mm à l'arcade supérieure et de -5 mm à l'arcade inférieure. Le profil cutané est convexe.

## 8. Plan de traitement

Orientation en ORL pour la recherche d'éventuels obstacles à la respiration.

Traitement fixe multiattache associé à des élastiques de classe II.

## 9. Déroulement du traitement

Traitement fixe multiattache associé à des TIM de cl II.



Photos intraet extra orales avec les TIM de classe II



Téléradiographie après arrêt des TIM de classe II

La patiente est toujours en cours de traitement, elle suit actuellement une phase de finitions

## Analyses céphalométriques

Avant traitement (T0)



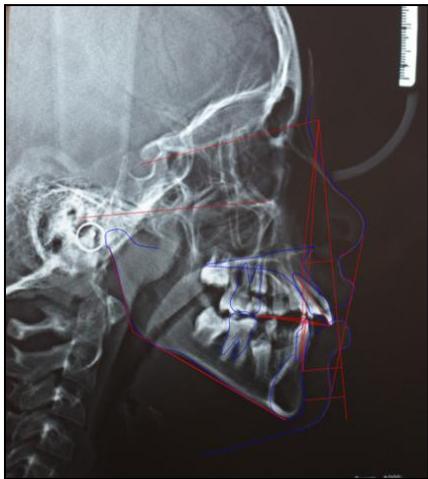
Après arrêt des TIM (T2)



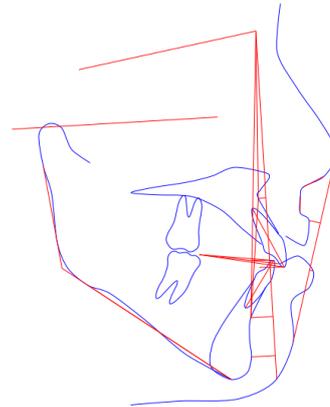
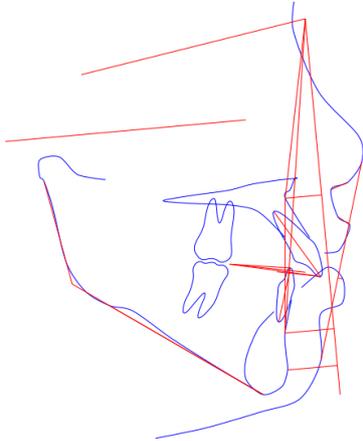
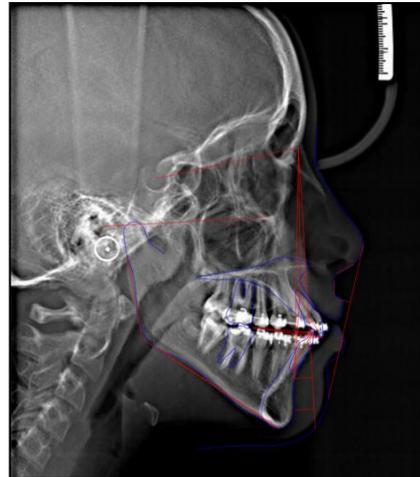
Analyses	Valeurs	Unités	Avant traitement (T0)	Après traitement (T2)
DOWNS	SNA	Degrés	80	79
	SNB	Degrés	74	76
	ANB	Degrés	6	3
TWEED	AoBo	Mm	4	3
	FMA	Degrés	31	34
	Axe Y	Degrés	57	62
	I/F	Degrés	120	117
	IMPA	Degrés	88	95
PANCHERZ	Olp-ss	Mm	61	60
	Olp-Pog	Mm	67	69
	Co-Olp	Mm	08	12
	Co-Pog	Mm	90	92
	Co-Go	Mm	34	39
	Olp-is	Mm	73	70
	Olp-ii	Mm	66	69
	Olp-is—Olp-ii	Mm	07	01
	Olp-Ms	Mm	40	40
	Olp-Mi	Mm	44	45
	Mi-Ms	Mm	4	5
	Index HFI	(rapport)	0.53	0.57
	Ricketts(Ligne E)	Profil cutané		Convexe +++
Age osseux Stade CVM	Stade CS2			

# Superpositions

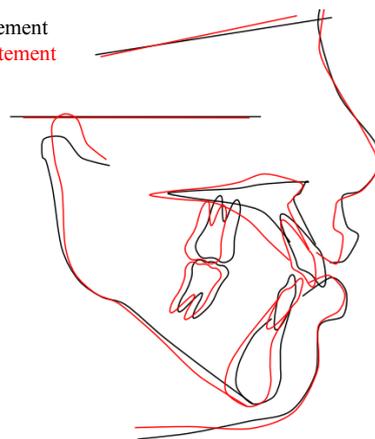
Avant traitement (T0)



Après traitement (T2)



- Pré-traitement
- Post-traitement



## Conclusions et perspectives

La thérapeutique orthopédique de la classe II est très riche et variée, c'est la partie de notre activité clinique qui a vraisemblablement suscité, le plus grand nombre de publications.

Certains auteurs soutiennent l'action purement squelettique des appareils myofonctionnels, tandis que d'autres, prônent un effet uniquement dento-alvéolaire. Enfin, pour un troisième groupe d'auteurs, il existe une action mixte, squelettique et dento-alvéolaire.

Les controverses concernant le traitement myofonctionnel de la classe II proviennent de :

- \_ L'imprécision des étiologies de la Classe II ainsi que de sa quantification.
- L'absence de méthode d'évaluation précise, permettant de dissocier les effets de la croissance de ceux de la thérapeutique.
- La difficulté de constitution d'un groupe témoin valable.
- L'utilisation de l'analyse céphalométrique standard qui ne distingue pas les différentes cibles du traitement fonctionnel.

Les appareils myofonctionnels utilisés en combinaison avec un appareillage orthodontique fixe, constituent une option de choix dans le traitement de cette malocclusion.

Nous nous sommes intéressée dans notre étude à analyser et comparer les effets produits par des bielles de propulsion fixe type « *Forsus. FFRD* », avec ceux obtenus en utilisant des tractions intermaxillaires de classe II bien portés.

La plupart des études concernant les activateurs de Classe II retrouvées dans nos lectures, ont été effectuées avec l'analyse classique de Steiner et/ou Tweed, utilisant les points Na, A et B.

Ces études ne prouvent aucune action sélective des différents dispositifs, car elles ne distinguent pas les cibles des appareils myofonctionnels que sont l'os, l'alvéole et la dent.

Dans notre étude, l'analyse de Pancherz nous a permis de préciser les tissus ciblés par nos appareillages et de différencier ainsi les effets orthopédiques et les effets orthodontiques obtenus après traitement.

En effet sur 23 mesures étudiées, 07 seulement ont révélé des différences significatives, ce sont essentiellement les mesures concernant les effets squelettiques dans le sens sagittal et vertical, ainsi que les effets sur le profil cutané.

Tout d'abord, pour la croissance du maxillaire, on peut conclure que pour les deux traitements, il existe un effet restricteur sur la croissance maxillaire, cependant cet effet « *Headgear* » est plus important avec l'utilisation des bielles, comparé au TIM. ( $p=0.009.DS$ )

Pour la croissance mandibulaire en revanche, nous avons retrouvé des différences significatives entre les deux appareillages, notamment pour la longueur et la diagonale mandibulaire, qui sont plus importantes avec l'utilisation du FFRD. Les bielles de propulsion semblent avoir un réel effet orthopédique d'avancée mandibulaire (**Taux de croissance mandibulaire évalué à 6.19%**), cet effet orthopédique n'est pas retrouvé avec l'utilisation des élastiques de classe II. (**Taux de croissance mandibulaire 1.55%**). En effet cette réponse mandibulaire constitue la clé de réussite des traitements des classes II par rétromandibulie et contribue grandement à l'amélioration esthétique du profil de nos patients. Cette amélioration a été retrouvée chez 71% des patients après traitement par bielles.

Dans le sens vertical, la réponse mandibulaire est plutôt favorable avec un angle FMA stable après traitement et une rotation antihoraire de la mandibule. Avec les élastiques, il existe une augmentation importante du sens vertical (FMA+3.48°). ( $P=0.000$ ). En effet, hormis un léger effet sur le maxillaire, il est important à souligner que les seuls effets squelettiques observés avec les élastiques de classe II se situent dans le sens vertical.

Concernant les effets dento-alvéolaires, on peut conclure que les deux appareils ont des effets similaires, ils proclinent les incisives inférieures, rétroclinent les incisives supérieures et mésialent la molaire inférieure. La molaire supérieure semble plus ou moins stable dans les deux groupes. Ces déplacements dento-alvéolaires contribuent à l'amélioration du surplomb et de la relation molaire et donc permettent une correction dentaire de la classe II. Par contre la correction du profil avec les élastiques de classe II est vraiment minime, très peu d'effets sur les tissus mous de recouvrement ont été retrouvés.

Concernant le confort du patient vis-à-vis de son appareil, notre étude a montré que le port des bielles est plus contraignant au quotidien (douleur, blessure, hygiène..), que celui des élastiques de classe II. Cette contrainte semble diminuer avec le temps.

Il est important à noter que dans notre étude, les tiges de poussée ont été placées en distal canine, ce qui augmente le risque d'irritation. Placées plus distalement (distal prémolaire), le FFRD semblerait moins perceptible pour le patient, ou moins gênant sur les joues, de plus la douleur surviendra fort probablement lors du traitement orthodontique multiattache. La douleur est un des effets négatifs les plus souvent cités dans la littérature. Éviter de suractiver l'appareil, en respectant la taille des tiges de poussée, mesurées avec la réglette, permet d'obtenir une propulsion légère (3 à 4 mm), qui sera activée au besoin dans les prochains rendez-vous. Il s'agit là d'un gros avantage avec ce type d'appareillage, qui nous permet

d'éviter des propulsions trop importantes de la mandibule (Hyperpropulsion), très souvent retrouvées avec les appareillages fonctionnels amovibles. Offrir la possibilité d'une prémédication (analgésiques) chez le patient plus anxieux et plus sensible, pourra aider à diminuer son inconfort et rendre ainsi l'expérience du traitement moins désagréable.

Le succès de la thérapie fonctionnelle de classe II, dépend en grande partie de l'acceptation du patient aux différents appareils utilisés. Les orthodontistes souhaitent minimiser l'inconfort du patient et maximiser sa satisfaction pendant le traitement. Notre étude offre ainsi aux orthodontistes des informations bien utiles, qui les aideront à mieux préparer leurs patients traités avec des bielles fixes.

En conclusion, nous rejoignons Pancherz<sup>(70)</sup> Heining<sup>(54)</sup>, Jones<sup>(125)</sup> et Nelson<sup>(126)</sup>, sur les effets mixtes des bielles de propulsion fixes FFRD, qui ont une action aussi bien squelettique que dento-alvéolaire.

Nous recommandons donc leur utilisation chez les patients ayant une classe II squelettique :

- Par Promaxillie et/ou rétromandibulie.
- Classe II division 1 ou classe II division 2 préalablement transformée en classe II division 1, cependant les fortes musculatures souvent retrouvées dans les cas de classe II division 2 peuvent engendrer plus de fracture de l'appareillage.
- Patients en pleine croissance se situant idéalement entre les stades CS3 et CS4 de Lamparski (juste avant ou pendant le pic pubertaire). Pancherz recommande un traitement en denture permanente, juste après le pic de croissance pubertaire (stade MP3-U) afin de favoriser la stabilité occlusale, par l'intercuspidation des cuspidés et de réduire le temps de la contention.
- Type mésodivergent, hypodivergent ou avec une tendance à l'hyperdivergence. Car ces dispositifs permettent une rotation antihoraire de la mandibule, surtout si les tiges de poussées sont placées postérieurement.
- Patients présentant une respiration buccale.
- Patients peu coopérants.

Les bielles de propulsion fixes sont contre-indiquées chez des patients ayant une forte hyperdivergence, surtout si un sourire gingival marqué y est associé

Tout comme pour leurs homologues amovibles, l'importance du décalage squelettique peut aussi constituer une limite à leur utilisation. Les décalages sagittaux dépassant les possibilités de réponses mandibulaires ( $ANB \geq 9^\circ$ ), surtout si des compensations sagittales et verticales y

sont associées, constituent une réelle contre indication. Ces patients seront orientés vers une thérapeutique chirurgicale.

Vu la vestibuloversion retrouvée au niveau des incisives inférieures ( $+3.52^{\circ}$ BLL,  $+5.95^{\circ}$  TIM), nous recommandons chez les patients présentant déjà cette anomalie, ou ayant un parodonte fin à ce niveau, l'utilisation d'un arc segmenté, en plaçant la tige de poussée en distal 1ère prémolaire, la ligne de force serait orientée plus verticalement et serait plus bénéfique pour les incisives inférieures. Le recours aux minivis peut également présenter une bonne alternative. Les appareils permettant de limiter au maximum la vestibuloversion incisive mandibulaire et provoquant même une linguoversion, sont les appareils s'appuyant sur des miniplaques d'ancrage squelettique<sup>(306),(307)</sup>

Pour les élastiques de classe II, hormis un léger effet de recul sur le maxillaire. Les seuls effets squelettiques observés étaient dans le sens vertical, ils ne possèdent pas un réel effet orthopédique de stimulation de la croissance mandibulaire. Les effets sont principalement dento-alvéolaires. Des changements verticaux, défavorables sont aussi notés (augmentation de la hauteur de l'étage inférieur et bascule horaire du plan d'occlusion). Cependant ils peuvent contribuer par leur effets dento-alvéolaires à corriger les rapports de classe II molaire et l'overjet, par contre leur effets sur le profil sont assez limités, ils sont bien acceptés par le patient. Ils seront alors indiqués chez des patients coopérants, présentant une classe II squelettique modérée, sans répercussion sur le profil, avec un schéma hypo ou méso divergent.

Il s'agit dans notre étude, de comparer les effets de ces deux types de traitement, dans la correction de la malocclusion de classe II et il semblerait que les bielles de propulsion fixes FFRD permettent à court terme une meilleure réponse mandibulaire dans le sens sagittal. Mais il ne s'agit en aucun cas de prôner leur utilisation systématique chez tous les patients porteurs de malocclusion de classe II.

En effet, malgré la grande diversité des dispositifs myofonctionnels, qui ne cesse de s'allonger au gré des avancées techniques, des résultats de publications scientifiques et de l'émergence de nouvelles philosophies de traitement, aucune modalité thérapeutique n'est cependant parvenue, à s'imposer de façon décisive, ce qui amène à douter de la suprématie de l'une d'entre elles. Les anomalies de classe II, ainsi que nos patients sont aussi nombreux que variés, l'orthodontiste devra alors choisir le traitement qui permettra la meilleur réponse squelettique tout en limitant les compensations dento-alvéolaires, mais aussi tenir compte, de

la solidité dispositif, son coût, sa stabilité en bouche, sa facilité de mise en place clinique, la bonne préservation des fonctions orales lors du traitement, son acceptation par le patient et la coopération de ce dernier.

## **Perspectives**

Nous espérons avec cette étude ouvrir d'autres perspectives, à savoir :

**La stabilité des résultats :** La littérature semble plus ou moins unanime concernant Les effets de la thérapeutique fonctionnelle des classe II à court terme, par contre la controverse persiste quant aux effets à long terme , un suivi à long terme des patients de la présente étude semble intéressant pour évaluer la stabilité des effets retrouvés après la fin de la croissance et analyser ainsi les effets obtenus avec les deux appareillage à long terme, afin de renforcer cette étude préliminaire

**L'étude d'autres types de bielles fixes :** Il serait aussi intéressant d'analyser et de comparer les effets de plusieurs types de bielles fixes, car des divergences existent à ce propos dans la littérature.

Nous avons constaté, chez un grand nombre de nos patients qui présentaient des troubles respiratoires au début, une amélioration de la respiration et un élargissement des voies aérifères, visible sur la téléradiographie de profil après l'utilisation des bielles de propulsion. Cette amélioration était probablement en rapport avec la position plus antérieure de la mandibule dans le profil. Une étude permettant de déterminer et d'analyser les effets des bielles de propulsion fixes sur la respiration, nous semble être une bonne perspective à l'avenir.

# **BIBLIOGRAPHIE**

## BIBLIOGRAPHIE :

1. Saint pierre .F, Rapport de la haute autorité de santé HAS : Bilan des dysmorphoses dento-maxillo-faciales. Mars 2006.
2. Angle E H. Treatment of malocclusion of the teeth. White Dent.manufac.Co. philadelphia; 1907.
3. Boileau MJ, De brondeau. f, Darque F. Orthopedie dento faciale. Guide clinique d'odontologie. 2011;187;201.
4. Bishara SE, Jakobsen JR, Vorhies B, Bayati P. Changes in dentofacial structures in untreated Class II division 1 and normal subjects: A longitudinal study. *Angle Orthod* 1997;67:55-66.
5. Vaden. Vaden J. L. Sequential directional forces treatment: Two Class II case reports. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.* 1991, 99: 491-504.
6. Mac Namara Jr, John E. Peterson, Jr, Richard G. Alexander. Three- dimensional Diagnosi and management of classe II Malocclusion in the Mixed Dentition. *Seminars in Orthodontics*, Vol 2, No 2, 1996;114-137.
7. Karacay S, Akin E, Olmez H, Gurton AU, Sagdic D: Forsus Nitinol Flat Spring and Jasper Jumper corrections of Class II division 1 malocclusions. *Angle Orthod* 2006, 76(4):666-672.
8. Josefsson, E., Bjerklin, K. and Lindsten, R. (2007) Malocclusion frequency in Swedish and immigrant adolescents-influence of origin on orthodontic treatment need. *Eur J Ortho*, 29.79–87.
9. Mehamedi Adil. Prévalences des anomalies orthodontiques en milieu scolaire à Meknes. MAROC.[Thèse de doctorat]. Université Cheikh Anta Diop , Dakar.juillet 1998.
10. Kassis adib, Bou Serhal J, Bassi N Nassi. Malocclusion in Lebanese Orthodontic Patients : An Epidemiologic and Analytic Study An Observational Retrospective Study. *International arabe journal of dentistry IAJD* vol11 n°1 2010.
11. Laraba.S. Étude clinique des malocclusions de CLII chez l'enfant algérien.[Thèse de DESM] .Alger. Faculté de médecine d'Alger .1982
12. Fouatih .A N. Anomalies alvéolaires et squelettiques. Étude descriptive des facteurs de risque et stratégie thérapeutique.[Thèse de DESM] Oran. Faculté de médecine d'Oran .2004.
13. Thiruvénkatachari B, Harrison JE, Worthington HV, O'Brien KD. Cochrane Database Syst Rev. Orthodontic treatment for prominent upper front teeth (Class II malocclusion) in children. *Cochrane library* 2013, Issue 11.
14. McNamara JA, Brudon WL, Kokich VG: Orthodontics and dentofacial orthopedics. Ann Arbor, Mich.: Needham Press; 2001. *orthop* .1976;83:219-43.
15. Robin p. Glossoptosis due to atresia and hypotrophy of the mandibule .*Amr J. Dis. Child*, 1934,48:531-547.

16. Robin P. La glossoptose, son diagnostic, ses conséquences, son traitement. Bulletin de l'académie nationale de médecine, Paris, 1923,89:37.143-192.
17. Phillip J, Guedon P .L'évolution des appareils orthodontiques de 1728 a 2007.orthod Fr 2007;78:295-302.
18. Amoric M. Le propulseur amovible thermoformé a bielles de Herbst. Rev Orthop Dento Faciale 23: 493-501, 1989.
19. Ionnidou-Marathiotou.J, Papadopoulos M A. Mode d'action des appareils fonctionnels, évidence clinique. Preuves scientifiques. Orthod Fr 2005;76:111-126.
20. Mahamad IK, Neela PK, Mascarenhas R, Husain A.Acomparision of Twin-block and Forsus (FRD) functional appliance, a cephalometrique study. Int J Orthod Milwaukee2012 ;23 (3):49-58
21. Baccetti T, Franchi L, Toth LR, Namara JA Jr. Treatment timing for Twin-block therapy. Am J Orthod Dentofacial.Orthop. 2000;118:159–170
22. Yildirima E; Karacayb S; Erkanb M. Condylar response to functional therapy with Twin-Block as shown by cone-beam computed tomography Angle Orthodontist, Vol 84, No 6, 2014 1018-1025.
23. O'Brien K, Wright J, Conboy F, et al. Effectiveness of early orthodontic treatment with the Twin-block appliance: a multicenter, randomized, controlled trial. Part 2:Psychosocial effects. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2003;124(5):488-94.
24. De Almeida, M.R, Henriques, J.F., De Almeida, R.R. and Ursi, W. (2002).Treatment effects produced by Frankel appliance in patients with Class II,division 1 malocclusion. *The Angle Orthodontist*,2002;72, 418–425.
25. Johns W. Kerr, Thomas R,Mc Namara, Jr .A comparaison of skeletal and dental changes produced by function regulators (FR-2 and FR-3).Eur J Ortho 11.1989;235-242.
26. Fränkel R, Fränkel C. L'orthopédie dans la sphère oro-faciale à l'aide du régulateur de fonction. (traduction de L. et A. Imbert). Rev Orthop Dentofac 1988;2:497-533.
27. Fränkel R. The functional matrix and its practical importance in orthodontics. Trans Eur OrthodSoc 1969;45:207-218.
28. Amoric M .Strategies de traitement de classe II faisant intervenir un appareil à bielles de Herbst.Rev Orthop Dento Fac 1999;33:393-418.
29. Hohoff A: Herbst appliance: A combination with fully individualized lingual vs conventional buccal braces vs surgery.Head and Face Medicine 2014 10(Suppl 1):O11.
30. Cozzani M, Mazzotta L,Pierpaolo V,Mutinelli S. Herbst à gouttières acryliques, et Herbst télescopique de Hanks : étude rétrospective des urgences, re-traitements, durées de traitement et échecs, Inter Ortho (mars 2014) Vol 12, num 1.100-110.
31. Baccetti T. Malocclusions de classe II : bien choisir le moment du traitement pour optimiser l'effet orthopédique des appareils fonctionnels. Orthod Fr 2010;81:279–286.

32. Chaudhry A, Sidhu MS, Chaudhary G, Grover S, Chaudhry N, Kaushik A. Evaluation of stress changes in the mandible with a fixed functional appliance: a finite element study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2015 .147(2):226-34.
33. Akin JJ, Morra L. Comparative study of mandibular growth and rotation in two sample groups treated according to the "Distal Active Concept" or the Edgewise technique. *Orthod Fr.* 2000 dec; 71 (4): 343-61.
34. Martina R, Puca R, Rossi I, Ferro F. Influence des tractions élastiques intermaxillaires sur les structures dentaires et squelettiques dans le traitement des Classes II . *Rev Orthop Dento Faciale* 29 : 105-114, 1995.
35. Ellen EK, Schneider BJ, Sellke 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- 436.
36. Janson G, Sathler R, Fernandes TMF, Branco NCC, de Freitas MR. Correction of Class II malocclusion with Class II elastics: A systematic review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* mars 2013;143(3):383–
37. Langlade M: Optimization of orthodontic elastics. New York; 2000.
38. Cozza P, Baccetti T, Franchi L, De Toffol L, McNamara JA, Jr. Mandibular changes produced by functional appliances in Cl. by functional appliances in Class II malocclusion: a systematic review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;129(5):599 e1-12; discussion e1-6.
39. Herbst.E .Atlas und grundriss der Zahnärztlichen orthopädie.Munich:JF Lehmann Verlag, 1910.
40. Konik M, Pancherz H, Hansen K. The mechanism of Class II correction in late Herbst treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;112:87–91.
41. Gundega J, Latkauskiene D, McNamara Jr et al. Mechanisms of Class II correction induced by the Herbst appliance as a single-phase Class II therapy: 1 year follow-up .*Progress in Orthodontics* 2013, 14:27.
42. Voudouris, J.C, Woodside, D.G., Altuna, G., Angelopoulos, G., Bourque, P.J., Lacouture, C.Y. et al . Condyle-fossa modifications and muscle interactions during Herbst treatment, Part 2. Results and conclusions. *Am J orthod* 2003, Jul;124(1):13-29.
43. Boonij J W, Goeke J, Bronkhorst E M, Katsaros C, Ruf S. Class II treatment by extraction of maxillary first molars or Herbst appliance: dentoskeletal and soft tissue effects in comparison. *J Orofac Orthop* 2013; 74:52-63.
44. Heinrichs D, Shammaa I, Martin C, Razmus T, Gunel E , Ngan P. Treatment effects of fixed intermaxillary device to correct class II malocclusions in growing patients . *Progress in Orthodontics* 2014, 15-45.

45. Gero K, Ostheimer J, Förster F, Kwant P B, Reul H, Diedrich P. Development of a New Fixed Functional Appliance for Treatment of Skeletal Class II Malocclusion First Report. *J Orofac Orthop/Fortschr Kieferorthop* 2002;63:384–99.
46. Sood S, Kharbanda O, Duggal R, Sood M, Gulati S. Neuromuscular adaptations with flexible fixed functional appliance – a 2-year follow-up study. *J Orofac Orthop* 2011; 72:434-445.
47. Bilgiç F, Başaran G, Hamamci O. Comparison of Forsus FRD EZ and Andresen activator in the treatment of class II, division 1 malocclusions. *Clin Oral Invest* (2015) 19:445–451.
48. Bowman AC; Saltajib H; Flores-Mirc C; Prestond B; Tabbaae S. Patient experiences with the Forsus Resistant Device (*Angle Orthod.* 2013;83:437–446.).
49. Cacciatore G, Alvetro L, Defraia E, Huan L T, Franchi L. Active-treatment e Active-treatment effects of the Forsus fatigue resistant device during comprehensive Class II correction in growing patients. *Korean J Orthod* 2014; 44: 136-142.
50. Canigur N, Balos B, Turkoz C, Ulusoy C. Changes in airway dimensions and hyoid bone position follow following class II correction with forsus fatigue resistant device. *Clin Oral Invest*, 2014. 19, (2).
51. Celikoglua M; Kutalmis Buyukb S; Ekizerc A; Unald T. Treatment effects of skeletally anchored Forsus FRD EZ and Herbst appliances: A retrospective clinical study (*Angle Orthod.* 2016;86:306–314)..
52. Gunaya E A, Arunb T, Nalbantgilc D. Evaluation of the Immediate Dentofacial Changes in Late Adolescent Patients Treated with the Forsus™ FRD (*Eur J Dent* 2011;5:423-432.
53. Heinig N, Göz G. Clinical application and effects of the Forsus spring. A study of a new Herbst hybrid. *J Orofac Orthop* 2001 Nov;62(6):436-50.
54. Vogt W: The Forsus Fatigue Resistant Device. *J Clin Orthod* 2006, 40(6):368-377.
55. Beccari S, Sfondrini G, Gandini P. L'appareil de Herbst et le Jasper Jumper au cours du traitement orthodontique fixe. *Rev Orthop Dento Faciale* 28 : 281-295, 1994.
56. Covell DA, Jr, Trammell DW, Boero RP, et al. A cephalometric study of Class II Division 1 malocclusions treated with the Jasper Jumper appliance. *Angle Orthod* 1999;69:311–20.
57. Gönner U, Özkan V, Jahn E, Edward D : 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;68:397–412.
58. 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;123:286–95.

59. Kegler M, Valmy Pangrazio-Kulbershb ; Jeffrey L. Bergerc ; Burcu Bayirlid ; Amin Movahhediane Treatment effects of the mandibular anterior repositioning appliance in patients with Class II skeletal malocclusions. *AngleOrtho*.2012 ; Vol 82, No 6.971-977.
60. Ogus M O, Nalbantgil D, Uyanlar A, Arun T. A cephalometric comparative study of class II correction with Sabbagh Universal Spring (SUS<sup>2</sup>) and Forsus FRD appliances. *Eur J Dent* 2012;6:302- 310.
61. Deniz Uzuner F, Darendeliler N, Yucel M .Combined fixed–functional treatment of skeletal class II malocclusions with the EVAA appliance A preliminary study. *J Orofac Orthop* 2014; 75:275–286.
62. Kinzinger G, Diedrich P.Skeletal Effects in Class II Treatment with the Functional Mandibular Advancer (FMA). *J Orofac Orthop* 2005;66:469–90.
63. McSherry PF, Bradley H: Class II correction-reducing patient compliance: a review of the available techniques. *J Orthod* 2000, 27(3):219-225.
64. Nedeljkovic N. Sagittal Skeletal and Occlusal Changes of Class II, Division 1 Postadolescent Cases in the Herbst and Activator Therapy .Principles in Contemporary Orthodontics .Edited by Silvano Naretto, November 2011, chapitre 5, 80-112.
65. Lai M, McNamara, Jr .Evaluation of Two-Phase Treatment With the Herbst Appliance and Preadjusted Edgewise Therapy(Semin Orthod 1998;4:46-58.).
66. Bock N C, Santo C, Pancherz H. Facial Profile and Lip Position Changes in Adult Class II, Division 2 Subjects. systematic review and meta-analysis. *Eur J Ortho*, 38(2), 129–139.
67. Omblus J, Malmgren O, Pancherz H, Hägg U, Hansen K. Long-term effects of Class II correction in Herbst and Bass therapy correction in Herbst and Bass therapy. *Eur J Orthod*. 1997 Apr;19(2):185-93.
68. Meyer-Marcotty p, Kochel J, Richter U, Richter F, Stellzig A. Reaction of facial soft tissues to treatment with a Herbst appliance. *J Orofac Orthop* 2012; 73:116-125.
69. Von Bremen J, Erbe C, Pancherz H, Ruf S .Facial-profile attractiveness changes in adult patients treated with the Herbst appliance. *J Orofac Orthop* 2014; 75:167-174.
70. Wadkar PV. Principles and practice of functional appliances *Scientific Journal* 2007;Volume I.108-115.
71. Pancherz A.A cephalometric analysis of skeletal and dental changes contributing to classe II correction in activator tretement.Am J orthod 1984;85:125-34.
72. Pancherz H the herbst appliance- it’s biologic effects and clinical use.Am J orthod1985;87:1-29.
73. Pancherz H, Fackel U. The skeletofacial growth pattern pre- and post-dentofacial orthopedics. A long term study of Class II malocclusions treated with the Herbst appliance. *Eur J Orthod* .1990; 12:209-218.

74. Pancherz H, Hagg U. Dentofacial orthopedics in relation to somatic maturation. An analysis of 70 consecutive cases treated with the Herbst appliance. *Am J Orthod* 1985;88(4):273-87.
75. Pancherz H. The mechanism of Class II correction in Herbst appliance treatment. cephalometric investigation. *Am J Orthod* 1982;82(2):104-13.
76. Pancherz H. Treatment of Class II malocclusions by jumping the bite with the Herbst appliance. A cephalometric investigation. *Am J Orthod* 1979;76:423-442.
77. Pancherz H. The effect of continuous bite-jumping on the dento-facial complex: a follow up study after Herbst appliance treatment of class II malocclusion. *Eur J Orthod* 1981;3:49-60.
78. Kolf J. Le traitement fonctionnel des retromandibulies. *Rev orthop dento Faciale* 1991;25:401-16.
79. Lautrou A. Le mode d'action des activateurs dans le traitement des malocclusion de classe II: proposition d'une classification des activateurs. *Rev orthop dento faciale* 1994;28:85-113.
80. Lautrou A. Les appareils orthodontiques fonctionnels, outils biomécaniques de l'orthopedie dento-faciale chez le patient en cours de croissance. *Orthod Fr* 1993;64:148-52.
81. Lautrou A. Effets directionnels d'une force extra-orale appliquée sur un activateur en hyperpropulsion. [Thèse] Doct Sci Odontol, Univ. Paris V, 1993.
82. Stockfish H. The principal and practice of dentofacial orthopaedics. London: quintessence publishing Co Ltd, 1995:20-61.
83. Delaire J. Le rôle du condyle dans la croissance de la mâchoire inférieure et dans l'équilibre de la face. *Stomatol. Chir. Maxillofac.* 1990 ; 91 : 179-192.
84. Baumrind S, Korn EL, Molthen R, West EE. Changes in facial dimensions associated with the use of forces to retract the maxilla. *Am J orthod* 1981;80:17-30.
85. Baumrind S, Korn EL, Issacson RJ, West EE, Molthen R. Quantitative analysis of the orthodontic and orthopedic effects of maxilla traction. *Am J orthod* 1983;84:384-98.
86. Gianelly AA, Brosnan P, Martignoni M, Bernstein L. Mandibulaire growth, condyle position and Franckel appliance therapy. *Angle Orthod* 1983;53:131-42.
87. Gianelly AA, Arena SA, Bernstein L. A comparison of classe II treatment changes noted with the light wire, edgewise and Franckel appliances. *Am J Orthod* 1984;86:269-76.
88. Graber TM, Neumann B. Functionnal orthopedics. Its concepts and transition. in : Graber TM, Neumann B. Removable orthodontic appliance. Philadelphia: W.B Saunders Co ed 1984:85-107.
89. Graber TM, Rakosi T, Petrovic AG. Dentofacial orthopedics with functional appliance 2nd ed. Saint Louis: CV Mosby year book, Inc, 1997.

90. Harvold EP, Vargervik K. Morphogenetic response to activator treatment. *Am J orthod* 1971;60:478-90.
91. Robertson NRE . An examination of tratement changes in children treated with the functional regulator of Franckel.*Am JOrthod* 1983;83:229-310.
92. Ruf S, Pancherz H. Herbst/multibracket appliance treatment of Class II division 1 malocclusions in early and late adulth. A prospective cephalometric study of consecutively treated subjects. *Eur J Orthod.*2006;28(4):352-60.
93. Vargervik, K., Harvold, E.P. Response to activator treatment in Class II malocclusions. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*,1985; 88, 242–251.
94. Eirew HL .The functional regulator of Franckel.*Br J orthod* 1976;3:67-74.
95. Joho JP. Changes in form and size of the mandibule in the orthopaedically treated Macac Irus.An experimentalstudy.*Eur orthod soc rep cong* 1968;44:161-2.
96. Creekmore TD, Radney LJ. Franckel appliance thérapy: orthopedic or orthodontic?*Am J Orthod*1983;83:89-108.
97. Fosrberg CM, Odenrick L.Skeletal and soft tissue response to activator treatment.*Eur J Orthod* 1981;3:247-53.
98. Schiavoni .R. The Herbst appliance updated .*Progress in Orthodontics Volume 12, Issue 2, November 2011, Pages 149–160.*
99. Vasiliki K, Vasileios F. Zymperdikas, Spyridon N. Papageorgiou, and Moschos A. Papadopoulo.TTreatment effects of removable functional appliances in patients with Class II malocclusion: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Ortho.* November 13, 2014.
100. Pacha, M., Fleming, P.,Johal, A. A comparison of the efficacy of fixed versus removable functional appliances in children with Class II malocclusion: A systematic review. *Eur J Orthod*,2015 .30.
101. Petrovic AG , Stutzmann JJ, Lavergne J. Effect of fonctionnal applaiance on the mandibular congylar cartilage.in: Graber. ed physiologic principles of fonctionnal appliances.Saint-Louis.:CV Mosby Cie ed 1985:38-52.
102. Petrovic AG , Stutzmann JJ.Effect of the rat mandible of a chin-cup type appliance and of partial or complete immobilization.*proc Finn Dent Soc*1991;87:85-91.
103. Petrovic AG, Stutzmann JJ, Gasson N. The final length of the mandible: Is it genetically determined?In: Carlson DS, ed. ed. *Cranio-facial Biology. Monograph 10. Cranio-facial Growth Series.*Ann Arbor: Center for Human Growth and Development, The University of Michigan, 1981 .
104. McNamara JA, Jr, Carlson DS. Quantitative analysis of temporomandibular joint adaptations to protrusive function. *Am J Orthod* 1979, 76(6):593-611.

105. McNamara J.A., Jr. Components of Class II malocclusion in children 8-10 years of age. *Angle Orthod.* 1981 ; 51:177-202.
106. McNamara JA Jr, Bryan FA. Long-term mandibular adaptations to protrusive function: an experimental study Maccaca mulatta. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1987;92:98-108.
107. McNamara JA, Hoxe RP, Dischinger TG . A comparison of the Herbsyt and Frankel Appliances in the traitement off class II mamalocclusion. *Am J orthod dentofac orthop*,1990;98(2):134-44.
108. McNamara JA, Jr., Turp JC. Orthodontic treatment and temporomandibular disorders: is there a relationship. Part 1: Clinical studies. *J Orofac Orthop* 1997;58(2):74-89.
109. Wieslander L. Intensive treatment of severe Class II malocclusions with a headgear-Herbst appliance in the early mixed dentition. *Am J Orthod* 1984;86:1-13.
110. 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;104:319-329.
111. Wieslander, L, Lagerstrom, L. The effect of activator treatment on Class II malocclusions. *Am J Ortho*, 1979; 75, 20–26.
112. Pezin F. Analyse structurale des effets sur le squelette d'un traitement par activateur porteur de FEB. Mémoire de CECSMO, Univ. Paris V, 1995.
113. Albert CMF, Dermaut LR. Orthopedics in orthodontics- part I. fiction or reality. a review of the literature. *Am J orthod orthop* 1996;110:513-9..
114. De Vincenzo JP ,Winn MW . Modification de la longueur mandibulaire pendant , et apres une correction orthopedique de malocclusion de classe II obtenue par appareil fonctionnel . *Am J orthod dentofacial orthop ed Fr* 1991;4:221-8.
115. Legoff C. Modifications dento-squelettiques après traitement par activateur monobloc associé à une force extra-orale. Mémoire de CECSMO, Univ. Paris V, 1999.
116. Ahlgren J , Laurin C .Late results of avtivator-treatment: a cephalometric study. *Br J orthod* 1976;3:181-7.
117. Chambre C .Vertical control with head-gear activator traitement. *J Clin Orthod* 1987;92:162-8.
118. Foucard JM, Pajoni D , Carpentier P, Pharaboz C. Étude IRM du comportement discal de l'ATM. des enfants porteurs d'hyperpropulseur. *Orthod Fr* 1998;69:79-91.
119. Pancherz H, Anehus-Pancherz M. The headgear effect of Herbst appliance: a cephalometric long-term study. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1993;103:510-520..
120. Pancherz H. Étude comparative de traitement précoces et tardifs par bielles de Herbst: stabilité et récidence . *Rev Orthop Dento Faciale* 1995;29:21-9.

121. Pancherz H. The effects, limitations, and long-term dentofacial adaptations to treatment with the Herbst appliance. *Semin Orthod* 1997;3:232-243.
122. Pancherz, H., Ruf S, Kohlhas, P. Effective condylar growth and chin position changes in Herbst treatment: a roentgenographic long-term study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 1998; 114, 437–446.
123. Salvadori A. Contribution à l'étude de l'action des activateurs dans les classes II squelettiques.[thèse] doc Sc odont.Marseille: univ Aix-Marseille1977.
124. Woodside DG, Metaxas A , Altuna G. The influence of functional appliance therapy and glenoid fossa remodelling. *Am J ortho dentofacial* 1987;92:181-98..
125. Proffit W . The timing of orthodontic treatment : Effectiveness and Efficiency.. *Rev Odont Stomat* 2003;32:171-189.
126. Jones G, Buschang PH, Kim KB, Oliver DR: Class II non-extraction patients treated with the Forsus Fatigue Resistant Device versus intermaxillary elastics. *Angle Orthod* 2008, 78(2):332-338..
127. Nelson B, Hansen K, Hagg U: Class II correction in patients treated with class II elastics and with fixed functional appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000, 118(2):142-149.
128. Nelson B, Hansen K, Hagg 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.
129. Benkherfella N. Etude du comportement discal de l'ATM chez des enfants porteurs d'hyperpropulseur. [Thèse de DESM] .Alger. Faculté de médecine d'Alger .2013.
130. Foury R. Etude comparative de deux concepts thérapeutiques de la classe II squelettique chez les enfants âgés entre 10-12 ans. Distal Actif Concept(DAC)-Activateur de croissance. [Thèse de DESM] .Alger. Faculté de médecine d'Alger .2017.
131. Enlow DH, Moyers RE, Hunter WS, Mcnamara JA .A procedure for the analysis of intrinsic facial form and growth. An equivalent-balance concept. *Am J Orthod* 1969; 56: 6-23 1.
132. Brodie AG .On the growth pattern of the human head from the third month to eighth year of life. *Am J Anat* 1941; 68: 209-.
133. Broadbent BH, Holly B. Ontogenic development of occlusion. *Angle Orthod* 1941 ; 11: 223-41-42.
134. Scott JH .The cartilage of the nasal septum. *Brit Dent J.*1953; 95: 37-43.
135. Scott JH .Dento-facial Development and Growth. Oxford, Pergamon Press.1967
136. Weinmann, J.P, Sicher H. Bone and bones: fundamentals of bone biology, The C.V.Mosby Company .1974.

137. Bjork A. Cranial base development. *Am J Orthod* 1955;41: 198-225 25.
138. Bjork A .Facial growth in man studied with the aid of metallic implants. *Acta Odontol Scand* .1955;13: 9-34.
139. Moss ML . The primary of functional matrices in orofacial growth. *Dent Pract (Bristol)* .1968;19: 65-73.
140. Moss ML .The functional matrix in : Kraus BS, Riedel RA .*Vistas of Orthodontics*. Philadelphia, Lea & Febiger.1962
141. Van Limborg J . Morphogenetic control of craniofacial growth in Mc Namara JA et al. *Clinical alteration of the growing face, Monograph 14, craniofacial growth series, Center for human growth and development, University of Michigan, Ann Arbor. 1983*
142. Petrovic A, Stutzmann J .Contrôle de la croissance postnatale du squelette facial. *Act Odonto Stomatol* 1979;128: 811-41.
143. Petrovic A, Stutzmann J, Oudet C. Control processes in postnatal growth of condylar cartilage of the mandible. In: Mcnamara JA Jr: *Determinants of mandibular form and growth, Ann Arbor, Center for human growth and development, University of Michigan.1975.*
144. Couly G .La statique osseuse de la face. *Rev Stomatol*.1976; 77: 420-6 58.
145. Enlow DH .Facial growth, Saunders, Philadelphia.1990
146. Delaire J .Considérations sur la croissance crânienne, quelques déductions intéressant l'orthodontiste. *A O S*.1964; 68: 407-36..
147. Deshayes M-J. Croissance crânienne et cinétique osseuses interférant avec la morphogenèse faciale. *Bases conceptuelles de réussite des traitements orthopédiques avant 6 ans*.*Orthod.Fr*, 2006, Vol77, n°1,63-78.
148. McNamara JA. The role of muscle and bone interaction during craniofacial growth, in McNamara JA : *Control mechanisms in craniofacial growth. Michigan, Ann Arbor: 1975.51-74*
149. Planas P .La Réhabilitation neuro-occlusale. Paris, Masson.1992 ; p37.
150. Olivier .P. Anatomie de la tête et du cou "base du crane".Univ Josef Fournier de Grenoble 2010-2011.
151. Deshayes M.J., Mécanique crânienne et morphogenèse mandibulaire. *Biom. Hum. et Anthropol*. 2005, 23, 1-2, p. 83-93.
152. Akin J.J. : La croissance cranio-faciale. Edition SID, 2007, Chap 10 : 189-210.
153. Irwin GL.Roentgen. determination of the time of closure of the spheno-occipital synchondrosis.*Radiology*.1960.September;75:450-3:10.1148/75.3.450.
154. Baume JL.A biologist looks at the sella point.*Eur Orthod Soc Trans*.1957; 33:150-159.

155. Melsen B. Time and mode of closure of the spheno-occipital synchondrosis determined on human autopsy material. *Acta Anat(Basel)*.1972;83(1):112.
156. Scott J .The cranial base .*Am J Phys Anthropol*.1958;18:9-13.
157. Ford EH.Growth of the human cranial base.*Am J Orthod*.1958;44(7):498-506.
158. Profitt.W.R. Contemporary Orthodontics. Elsevier.Six Edition.2019.
159. Solow B., Tallgren A. Head posture and craniofacial morphology. *Am J PhysAnthropol*, 1976;44(3) : 417-435.
160. Lautrou.A . Croissance et morphogenèse du squelette crânio-facial applications en orthopédie, dento-faciale le concept de J. Delaire. *Orthodontie française* 2002 ; 73 : 5-18. .
161. Delaire J.La croissance des os et de la voûte du crane, principes généraux. Introduction à la croissance des maxillaire .*Rev Stom Chir Maxillofac*, 1961,62:518-526
162. Deshayes M J. Croissance cranio-faciale et orthodontie: apports de la biodynamique crânienne. Edition le Masson. 1986.
163. Gaudy J.F, Gorce T. Atlas d'anatomie implantaire. (Os maxillaire, morphologie et sinus maxillaire).Elsevier Masson, 2eme édition.2011.
164. Netter F. Atlas d'anatomie humaine. 6e édition. Elsevier Masson; 2015. 624 p.
165. Mugnier.A. Embryologie et développement bucco-facial. Masson et Cie. Edit Julien Prelart.1964.
166. Delaire.J .Bulletin UNIODF .Conférence du15/06/2006. Le nouveau concept cortical de La mandibule.
167. Sarnat, B : Growth pattern of the mandible : some reflections. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop*. 1986; 90 : 221-233.
168. Baume L, Derichsweiler J: Is the condylar growth center responsive to orthodontic therapy? An experimental study in *Macaca mulatta*. *Oral Surg*. 14 (1961), 347–362.
169. Rakosi T, Jonas I. Orthopédie dentofaciale : Diagnostic. Flammarion MédecineSciences, 1994.
170. Degroote.C .Alterability of mandibular grxth in the yong rate and its implication.Katholiek univ Leuven.Faculteit der Geneeskunde, Leuven (Belgique).edit.1984.
171. Chateau .M. Orthopédie Dento-Faciale Clinique tome 2.edition CDP, Paris 1993:143-145.
172. Copray JCVM, Dibbets JMH, Kantomaa T. The Role of Condylar Cartilage in the Development of the Temporomandibular Joint. *Angle Orthod* 58: 369–380, 1988.
173. Björk A. Prediction of mandibular growth rotation. *Am J Orthod* 55: 585–599, 1969.

174. O'Meyer RX. Phénomène d'O'Meyer. *Orth.fr*, 27, p.143,1956.
175. Zhong, X. et coll. : Earphone : A new approach to enhance mandibular growth in class II malocclusion. *Med Hypotheses*. 2010 May;74(5) : 958-9. Epub 2009 Dec 31..
176. Dibbets JM. The puzzle of growth rotation. *Am J Orthod*.1985; 87: 473–480.
177. Lavergne.J, N Gasson. Operational definitions of mandibular morphogenetic and positional rotations. *Scand J Dent Res*.1977 Mar;85(3):185-92.
178. Phillippe J. Loreille J-P. : Analyse céphalométrique simplifiée. *Encycl. Med.Chir., Odontologie / Stomatologie*, 23-455-D10, 2000, 12p.
179. Bonnefoy, C, Chikhani, L , Dichamp.J. Anatomie descriptive et fonctionnelle de l'articulation temporo-mandibulaire..AOS.2013 ; 265 :4-18.
180. Delaire J. Bases anatomiques et physio-pathologiques du traitement chirurgical des ankyloses temporo-mandibulaires. *Rev Stomatol Chir Maxillofac Masson*, 1983;1:19-26.
181. Cavezian R, Pasquet G, Bel G, Baller G. *Imagerie dento-maxillaire*. Paris : Masson Elsevier, 2006.
182. Chikhani L, Dichamp J. Bruxisme, Syndrome AlgoDysfonctionnel des Articulations Temporo-Mandibulaires et toxine botulique. *Annales de réadaptation et de médecine physique* 2003;46:333-337.
183. Burstone CJ. Process of maturation and growth prediction.*Am J Orthod* 1963;49:907–919.
184. Hunter CJ. The correlation of facial growth with bodyheight and skeletal maturation at adolescence. *AngleOrthod* .1966; 36:44–54.
185. Mauchamp OP, Nanda SK. Prédiction de la quantité décroissance en fonction de l'âge biologique. *Rev OrthopDento Faciale* 1975;9:47–72.
186. Béry A. Croissance staturale et mandibulaire. *Rev OrthopDento Faciale* 1979;13:279–297.
187. Fukuhura T, Matsumoto M. A longitudinal study of facialgrowth in relation to general body height during adolescence. *Bull Tokyo Dent Coll* 1968;15:161–170.
188. Deicke M, Pancherz H. Is radius-union an indicator forcompleted facial growth? *Angle Orthod* 2005;75:295–299.
189. Raberin.M, Cozor I, Gobert-Jaquart. Les vertèbres cervicales : indicateurs du dynamisme de la croissance mandibulaire.*Orthod Fr* 2012;83:45–58.
190. Maj G, Luzi C. Longitudinal study of mandibular growthbetween 9 and 13 years as a basis of an attempt of its prediction. *Angle orthod* 1964;3:220–230.

191. Wooside DG. Distance, velocity and relative growth rate standard for mandibular growth for Canadian males and females ages three to twenty years. Am Board Orthod Thesis, 1969.
192. Bonnefont R, Guyomard F. À propos des accélérations de la croissance faciale. Rev Orthop Dento Faciale 1985;19:465–478.
193. Loreille JP. Croissance générale de l'enfant. EncyclMéd Chir Odontol Stomatol 1996;23-450-A-10:1-10.
194. Greulich WW, Pyle SI. Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist. Standford University Press, California.1959.
195. Lamparski D. Âge osseux déterminé à partir des vertèbres cervicales. Masters of Science [Thèse], Univ Pittsburg, 1972.
196. Baccetti T, Franchi L, Mc Namara J. An improved version of the cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of mandibular growth. Angle orthod 2002;72:316–323.
197. Massé D. Évaluation du stade de croissance selon la méthode de maturation des vertèbres cervicales. Institut Dentair. International.Mai 2020.
198. Sauvegrain J, Nahum H, Bronstein H. Etude de la maturation osseuse du coude. Ann Radio.1962;1 5: 542-550.
199. Kreitner KF, Schweden FJ, Riepert T, Nafe B, Thelen M. Bone age determination based on the study of the medial extremity of the clavicle. Eur Radiol.1998; 8: 1116-1122.
200. Risser JC. The iliac apophysis: an invaluable sign in the management of scoliosis. Clin Orthop.1958; 11: 111-119.
201. Villain G. La thérapeutique orthopedique fonctionnelle de la face. Paris. Julien Prelat;1952.
202. De Coster L. les occlusions distales. Ortho Fr 1929;6:140-6.
203. Kolf J. Les classes II division 1. Historique et évolution des concepts. Encycl Méd Chir (Elsevier, Paris). Orthopédie dento- faciale,23- 472- E- 10. 2006.
204. Patti A. Traitement des classes II de la prévention à la chirurgie. Paris : Quintessence International ; 2010.
205. Boileau.MJ. Orthodontie de l'enfant et du jeune adulte, principes et moyens thérapeutiques. Tome 2 .Edit Elsevier Masson.2016.
206. Boileau MJ. Caractéristiques musculaires dans les différentes dysmorphoses. Orthod Fr 1992 ; 63, 1 : 119- 26 et 129- 57.
207. Nguyen QV, Bezemer PD, Habets L, Prah- Andersen B. A systematic review of the relationship between overjet size and traumatic dental injuries. Eur J Orthod 1999 ; 21, 5 : 503- 15.

208. Izard.J. Orthodontie la pratique stomatologique. Collection Chompret.Paris: Masson;1950.
209. 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.
210. Charlier JP, Petrovitc AG, Hermann-Stutzmann J. Effects of mandibular hyperpropulsion on the prechondroblastic zone of young rat condyle. *Am J Orthod* 1969;55:71-74.
211. Stockli, PW, Willert HG : Tissue reactions in the tempomandibular joint resulting from anterior displacement of the mandibule in the monkey.*Am. J.Orthod. Dentofac. Orthop.*, 1971,60 :142.
212. Goodman.P, Mc kenna.P Modified Herbst appliance for the mixed dentition *J Clin Orthod*1985 Nov;19(11):811-4.
213. Pfeiffer J P.Grobéty D .The class II malocclusion : differential diagnosis and clinical application of activators, extraoral traction and fixed appliances. *Amr J of Othod*68 :499-544.1975.
214. Amoric.M.Bielles de Herbst décolletées : intérêt et limites. *Rev. Orthop. Dento-Faciale* 2008;42:27-34.
215. Prateek S, Sandhya J. Fixed functional appliances: An overview. *International Journal of Current Research*.2017;9.(03):47407-47414.
216. Ritto A. Fixed functional appliances—a classification. *The Functional Orthodontist*. 2001;17:12 -30,32.
217. Schrodt C, Pancherz H, Ruf S. Fixed bite jumping appliances and their scientific evidence. *Eur J Orthod* 2006;28: e259.
218. Cope JB, Buschang PH, Cope DD, Parker J, Blackwood HO.Quantitative evaluation of craniofacial changes with Jasper Jumper. *Angle Orthod* 1994;64:113-122.
219. Weiland FJ, Ingervall B, Bantleon HP, Droschl H. Initial effects of treatment of Class I malocclusion with the Herren activator, activator-headgar combination and Jasper Jumper. *Am J Orthad Dentofac Orthop* 1997;112:19-27.
220. Stromeyer EL, Caruso JM, DeVincenzo JP. A cephalometric study of the Class I I correction effects of the Eureka spring. *Angle .Orthod* 2002;72:203-21 0.
221. Pangrazio-Kulbersch V, Berger JL, Chermak DS, Kacynski R, Simon RS. Treatment effects of the mandibular anterior repositioning appliance on patients with Class II malocclusion. *AmJ Orthod Dentofac Orthop* 2003; 123:286-295.
222. Kinzinger G, Diedrich P. Skeletal effects in Class II treatment with the Functional Mandibular Advancer (FMA). *J Orofac Orthop* 2005;66:469-490 .

223. Pancherz H, Ruff H. The Herbst appliance. Research-based Clinical Management. Editions Quintessence. Great Britain. 2008. 27-30
224. Birkebaek L, Melsen B, Terp S. A laminagraphic study of the alterations in the temporomandibular joint following activator treatment. *Eur J Orthod* 1984;6(4):257-66.
225. Williams S, Melsen B. Condylar development and mandibular rotation and displacement during activator treatment. An implant study. *Am J Orthod* 1982;81(4):322-6.
226. Woodside DG, Altuna G, Harvold E, Herbert M, Metaxas A. Primate experiments in malocclusion and bone induction. *Am J Orthod* 1983;83(6):460-8.
227. Li C, Zhang Y, Lv J, Shi Z. Inferior or double joint spaces injection versus superior joint space injection for temporomandibular disorders: a systematic review and meta-analysis. *J Oral Maxillofac Surg.* 2012;70:37–44
228. Nanda R. Esthetics and Biomechanics in Orthodontics. 2nd Edition. by Saunders, an imprint of Elsevier Inc. 2015.
229. Chhibber A, Upadhyay M, Uribe F, Nanda R. Mechanism of Class II correction in prepubertal and postpubertal patients with Twin Force bite corrector. *Angle Orthod.* 2013;83(4):718–727.
230. Cozza P, Baccetti T, Franchi L, De Toffol L, McNamara JA, Jr. 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.
231. Tulloch JF, Phillips C, Koch G, Proffit WR. The effect of early intervention on skeletal pattern in Class II malocclusion : a randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;111(4):391-400.
232. Aras, A, Saracoglu G. Comparison of Treatments with the Forsus Fatigue Resistant Device in Relation to: in Relation to skeletal maturity: A cephalometric and magnetic resonance imaging study. *AJODO* 2011; 140: 616-25.
233. Borges SW, Moro A, Spada PC, Cevitanes LH. Efeitos do aparelho de Herbst: avaliação em 3D. *Ortodontia.* 2014 Nov-Dez;47(6):553-59.
234. Souki BQ, Vilefort PLC, Oliveira DD, Andrade I Jr, Ruellas AC, Yatabe MS, et al. Three-dimensional skeletal mandibular changes associated with Herbst appliance treatment. *Orthod Craniofac Res.* 2017 May;20(2):111-8.
235. Paulsen H U. Morphological changes of the TMJ condyles of 100 patients treated with the Herbst appliance in the period of puberty to adulthood: a long-term radiographic study . *European Journal of Orthodontics.* 1977; 19 : 657 – 668.
236. Aslan BI, Kucukkaraca E, Turkoz C, Dincer M. Treatment effects of the Forsus Fatigue Resistant Device used with miniscrew anchorage. *Angle Orthod.* 2014;84(1):76-87.

237. Unal T, Celikoglu M, Candirli C. Evaluation of the effects of skeletal anchored Forsus FRD using miniplates inserted on mandibular symphysis: a new approach for the treatment of Class II malocclusion. *Angle Orthod.* 2015;85:413-9.
238. Celikoglu M, Buyuk SK, Ekizer A, Unal T. Treatment effects of skeletally anchored Forsus FRD EZ and Herbst appliances: a retrospective clinical study. *Angle Orthod.* 2016;86:306-14.
239. Langford NM Jr. The Herbst appliance. *J Clin Orthod*1981;15:558-561.
240. Langford NM Jr. Updating fabrication of the Herbst appliance. *J Clin Orthod* 1982;16:173-174.
241. Dischinger .T. Edgewise Herbst Appliance. *Jrnl of Clin Ortho : JCO*, 01 Dec 1995, 29 (12) :738-742.
242. Calvez X. The Universal Bite Jumper. *J. Clin. Orthod.* 1998;32:493-500.
243. Haegglund P, Segerdal S. The Swedish-style integrated Herbst appliance. *Jrnl of Clin Ortho : JCO*, 01 Jun 1997, 31(6):378-3.
244. Hagglund P, Segerdal S. An Improved Version of the Integrated Herbst Appliance, *JCO*. volume X, N3. March. 2010.
245. Pancherz H, Anehus-Pancherz M. Facial profile changes during and after Herbst appliance treatment. *Eur J Orthod*1994;16:27.
246. Pancherz H, Fischer S. Amount and direction of temporomandibular joint growth changes in Herbst treatment: a cephalometric long-term investigation. *Angle Orthod* 2003;73:493-501.r.
247. 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 Dentofac Orthop* 1999;115:607-618.
248. Paulsen HU. Changes of the condyles of 100 patients treated with the Herbst appliance from puberty to adulthood. *Eur J Orthod* 1997;19:657-668.
249. Hagg U, Taranger J. Maturation indicators and the pubertal growth spurt. *Am J Orthod.*1982;(4):299-309.
250. Le Cornu.M, Hongtu Zhu.L, Chih-Da Wu, Nguyen L B .Three-dimensional treatment outcomes in Class II patients treated with the Herbst appliance: a pilot study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013 Dec;144(6):818-30.
251. Yi Fan, et al.3D assessment of mandibular skeletal effects produced by the Herbst appliance. *Am J Orthop.*2020 Apr 16;20.
252. Fleming.P, Lee.R.Orthodontic functional appliances theory and practice.edit John Wiley 2016.

253. Keim RG, Gottlieb EL, Vogels DS, Vogels PB. JCO Study of orthodontic diagnosis and treatment procedures, Part 2: Breakdowns of selected variables. *J Clin Orthod.* 2014; 48(11):710–26.
254. Keim RG, Gottlieb EL, Nelson AH, Vogels DS. JCO Study of orthodontic diagnosis and treatment procedures, Part 1: Re. Results and trends. *J Clin Orthod.* 2008; 42(11):625–40.
255. Varshan I.R, Selvarasu K, Pandian S. A review on Forsus appliance on skeletal Class II management. *Drug Invention Today.* 2019; 12. 3.
256. Franchi L, Alvetro L, Giuntini V, et al. Effectiveness of comprehensive fixed appliance treatment used with the Forsus Fatigue Device in Class II Angle Orthod. 2011; 81(4):678–83.
257. Dada D, Galang Boquiren MT, Viana G. Ales, Obrez B. Treatment effects of Forsus fatigue resistant device on class II malocclusion cases: A cephalometric evaluation. *J World Federation of Orthodontists.* Volume 4, Issue 1, March 2015, Pages 14-17
258. Sakunoa AC, et al. Tomographic evaluation of dentoskeletal changes due to the treatment of class II malocclusion with Forsus appliance. *J. Oral Bio and Crf Rch* 9 (2019) 277–279.
259. Gunay EA, Arun T, Nalbantgil D. Evaluation of the immediate dentofacial changes in late adolescent patients treated with the Forsus™ FRD. *Europ J Dent* 2011; 5: 423-432..
260. Cacciatore G, Alvetro L, Defraia E, Ghislanzoni LTH, Franchi L. Active-treatment effects of the Forsus fatigue resistant device during comprehensive Class II correction in growing patients. *Korean J Orthod* 2014; 44: 136-142.
261. Pasaoglu A, Isil Aras I, Othman E, Aras A. Comparison of 2 treatment protocols using fixed functional appliances in Class II malocclusion: Treatment results and stability. *Am J Ortho and Dent Ortho.* Volume 157, Issue 4, April 2020, Pages 474-480.
262. Shahid .M, Khursheed A, Alswilem R, Ganji K. Forsus Fatigue Resistant Device a Fixed Functional Appliance: An Update. *Inter Med J* Vol. 24, No1, pp. 132 -135, 2017.
263. Seniz K, Akina E, Olmezb H, Gurtonb AU, Sagdic D. Forsus™ Nitinol Flat Spring and Jasper Jumper corrections of Class II division 1 malocclusions. *Angle Orthod* 2006; 76: 666-672.
264. Phuong A, Fagundes NCF, Abtahi S, Roberts MR, Major PW, Flores-Mir C. Additional appointments and discomfort associated with compliance-free fixed Class II corrector treatment: a systematic review. *Eur J Orthod.* 2019 Aug 8; 41(4):404-14.
265. Bowman AC, Saltaji H, Flores-Mir C, Preston B, Tabbaa S. Patient experiences with the Forsus Fatigue Resistant Device. *Angle Orthod.* 2013; 83(3):437–46.
266. Elkordy SA, Fayed MMS, Attia KH, Abouelezz AM. Complications encountered during Forsus Fatigue Resistant Device therapy. *Dental Press J Orthod.* 2020 May june; 25(3):65-72.

267. Phillippe J. Qui a inventé...les élastiques d'orthodontie ?*Rev Orthop Dento Faciale* 35 : 145-150, 2001 145.
268. Eltahir H.E, Mahmoud N.M., Mageet A.O.The Use of Elastics in Orthodontics. *Indian Journal of Dental Education*, 2017: 10. 3, July - Sept.
269. Vaida.L et co. Comparative Study on the Efficiency of Intermaxillary Elastic Polymers used in the Treatment of Skeletal Class II Malocclusions in Growing Patients Luminita Ligia Vaidal. *Materiale Plastice review* .56.No. 2 .2019.
270. Janson G, Sathler R, Fernandes TMF, Branco NCC, De Freitas MR. Correction of Class II malocclusion with Class II elastic: A systematic review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* mars 2013;143(3):383.
271. Hayat.M. Le contrôle de la position de l'incisive mandibulaire dans les traitements orthodontiques des classes II par tractions intermaxillaires [Thèse]. Nice. Université de Nice-Sophia Antipolis ; 2016.
272. Nabbout F, Faure J, Baron P, Braga J, Treil J. Centres de résistance des groupes dentaires et mécanique orthodontique. *Int Orthod.* 1 déc 2007;5(4):437-46.
273. Uzel A, Uzel I, Toroglu MS. Two different applications of Class II elastics with non extraction segmental. *Angle Orthod.*2007;77(4):694-700.
274. Gianelly AA, Valentini V. The role of "orthopedics" and orthodontics in the treatment of class II, division 1 *Am J Ortho*1976;69(6):668-78.
275. Reddy P, Kharbanda OP, Duggal R, et al. Skeletal and dental changes with nonextraction Begg mechanotherapy in patients with Class II Division 1 .*Am J Orthod Dentofacial Orthop.*2000; 118(6):641-8.
276. Xu T-M, Lin J-X, Huang J-F, Pin C, Tan Q-F. Effect of the vertical force component of Class II elastics on the anterior intrusive force of maxillary arch wire. *Eur J Orthod.* 1992;14:280-284.
277. 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.
278. Mai L, Yao Y, Zhang S, Wang D, Zhang Z. Comparison of temporomandibular joint changes in adolescent Class II deviation 1 malocclusion patients with mandibular retrusion treated with Twin-block and Class II elastics. *J Stomatol.* juill2014;49(7):394-8.
279. Serbesis-Tsarudis C, Pancherz H. « Effective » TMJ and chin position changes in Class II treatment. *Angle Orthod.* sept 2008;78(5):813-8.
280. Wei.RY et all.Three-dimensional condylar changes from Herbst appliance and multibracket treatment: A comparison with with matched Class II elastics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2020. Oct;158(4):505-517.
281. Dubois.A.Comparaison des effets sur la croissance des maxillairesde l'utilisation du Forsus versus celle des élastiques de classe II. [Thèse] Montréal.Université de Montréal ; 2011.

282. Horn A. Index vertical et reponse mandibulaire. *J Edg* 1993;28:126-34.
283. Akin JJ, Morra L. Comparative study of mandibular growth and rotation in two sample groups treated according to the “Distal Active Concept” or the Edgewise technique. *Orthod Fr.* 2000 dec; 71 (4): 343-61.
284. Le Goff.C, Lautrou.A. Dento-skeletal changes after activator monobloc treatment accompanied by extra-oral force. *Rev Ortho Dento Faciale*, 37 4 (2003) 407-427.
285. O’Brien, K, Wright J, Conboy F, Appelbe P, Davies L, Connolly I et al.(2009). Early *treatment* for Class II Division 1 malocclusion with the Twin-block appliance: A multi-center, randomized, controlled trial. *AmJ Ortho and Dentofacial Orthop*, 2009; 135(5), 573–579 .
286. Read, M. J, Deacon, S, O’Brien, K. A prospective cohort study of a clip-on fixed functional appliance. *ajodo*, 2003. 125(4), 444–449.
287. Casutt, C., Pancherz, H., Gawora, M., Ruf, S. (2007). Success rate and efficiency of activator treatment. *The European Journal of Orthodontics*, 29(6), 614–621.
288. Dayalan.d, Kumar Jain.R, Vanadinesh .S. Biological and Chemical Sciences Treatment Effects of Twin Block Therapy – A Cephalometric Study . *J of Phcl* ,2016; RJPBCS 7(6) .746.
289. Matysiak M, and coll.Dentofacial orthopedics: frequency, geographic distribution and length of treatment for dentomaxillary dysmorphosis.A national study based on data from the general scheme of the national health fund. *Rev Med Ass Maladie* 2003;34,1:23-32.
290. Theuveny T, Cabé G. Une enquête épidémiologique : son histoire, ses résultats. *Rev Orthop Dento Faciale* 1984;18:307-31.
291. Perinetti G, Primozić 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* 2015 May;85(3):480-92.
292. Meistrell MEJr, Cangialosi TJ, Lopez JE, Cabral-Angeles A. A cephalometric appraisal of nonextraction Begg treatment of Class II malocclusions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1986;90:286-95.
293. Flores-Mir C, Ayeh A, GoswamiA, .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.
294. Jayachandran.S, Wiltshire .W, Hayasaki .S, Pinheiro.F.Comparison of AdvanSync and intermaxillary elastics in the correction of Class II malocclusions : A retrospective clinical study.*Am J Orthod.*2016 Dec;150(6):979-988.
295. Hagg, U. Attsrom K. Mandibular growth estimated by four cephalometric measurements. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.* 1992; 102 : 146-52.
296. Tarvade SM, Chaudhari CV, Daokar SG, Biday SS, Ramkrishna S,Handa AS.Dentoskeletal comparison of changes seen in class II cases treated by Twin Block and Forsus. *J Int Oral Health*2014;6(3):27-31 .

297. Cattiatore G, Huanca LT, Zoni G; Alvetro L; Giuntini V; Franchi L. Treatment a posttreatment effects induced by the Forsus appliance.A controlled clinical study. *Angle Orthod.* 2014;84:100–107.
298. Aras.I; Pasaoglub.A.Class II subdivision treatment with the Forsus Fatigue Resistant Device vs intermaxillary elastics. *Angle Ortho*, Vol 87, No 3, 2017.
299. Shen G, Hagg 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.
300. Nalbantgil D, Arun T, Sayinsu K, Işık F. Skeletal, dental and soft-tissue changes induced by the Jasper Jumper appliance in late adolescence. *Angle Orthod* 2005;75:426–436.
301. Weiland FJ, Bantleon HP. Treatment of Class II malocclusions with the Jasper Jumper appliance-a preliminary report. *Am J Orthop* 1995;108:341-350..
302. Griblasky I, Latkauskiene D, Jakobson G. Evaluation of the posterior maxillary teeth movements during Class II correction: 3-dimensional superimposition of casts .Igor. *Stomatologija, Baltic Dental and Maxillofacial Journal*, 20:96-101, 2018.
303. Bacetti.T .Comparison of 2 comprehensive Class II treatment protocols including the bonded Herbst and headgear appliances. *AJODO* vol 135, 6, June 2009. 698-9.
304. Schiöth I.T, Von Bremen.J, Pancherz.H, Ruf.S. Complications during Herbst Appliance Treatment with Reduced Mandibular Cast Splints:a Prospective, Clinical Multicenter Study. *J Orofac Orthop* 2007;68:321–7.
305. De Felipe.O, Silveira A,Viana G,Smith B.Influence of palatal expanders on oral comfort, speech and mastication. *Am J Ortho. Orthop.* 2010;137:48–53.
306. Stewart.F, Kerr.J, Taylor.P. Appliance wear: the patient's point of view. *Eur J Orthod.* 1997;19:377–382.
307. Brown DF, Moerenhout RG. The pain experience and psychological adjustment to orthodontic treatment of preadolescents, adolescents, and adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1991;100(4):349-56.
308. Serogl HG, Klages U, Zentner A. Pain and discomfort during orthodontic treatment: causative factors and effects on compliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998;114(6):684-91.
309. Oliver R G, Knapman Y M 1985 Attitudes to orthodontic treatment. *British Journal of Orthodontics* 12: 179–188.
310. Al-Dumaini AA, Halboub E, Alhammedi MS, Ishaq R, Youssef M. A novel approach for treatment of skeletal Class II malocclusion .Miniplates-based skeletal anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2018;153(2):239-247.
311. Ozbilek S, Gungor AY, Celik S. Effects of skeletally anchored Class II elastics: A pilot study and new approach for treating Class II malocclusion. *Angle Orthod.* 2017;87(4):505-512.

# **ANNEXES**

## **ANNEXE n°1 : Consentement éclairé**

### **FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT**

#### **Participation au projet de recherche intitulé :**

« Étude comparative des effets orthopédiques, et orthodontiques des bielles fixes, versus élastiques intermaxillaire de classe II ».

#### **Introduction**

Nous vous demandons de participer à ce projet de recherche parce que votre enfant présente une malocclusion de classe II, c'est-à-dire qu'il présente un recul de sa mâchoire inférieure qui doit être corrigé.

Avant d'accepter de participer à ce projet de recherche, veuillez prendre le temps de comprendre et de considérer attentivement les renseignements qui suivent.

Ce formulaire de consentement vous explique le but de cette étude, et la méthodologie retenue.

Le présent formulaire peut contenir des mots que vous ne comprendrez pas en première lecture. Nous vous invitons à poser toutes les questions que vous jugerez utiles.

À partir du moment où vous êtes en possession de ce formulaire, si vous acceptez de participer au projet de recherche, vous devrez signer le consentement sur place et nous le rendre après clarification de toutes vos questions.

#### **Description de l'étude**

L'utilisation d'appareils myofonctionnels, comme le Forsus ou les élastiques, a pour but de rediriger ou de stimuler la croissance des maxillaires chez les patients en plein croissance. Ces appareils sont utilisés pour corriger un décalage présent entre les deux arcades dentaires chez votre enfant.

Le but de cette étude est d'évaluer la composante de croissance produite au niveau des os des mâchoires chez les patients utilisant le Forsus en comparaison avec ceux utilisant les élastiques. Ce projet est donc destiné à évaluer l'efficacité des différentes techniques afin de déterminer lequel des deux appareils est le plus efficace pour le traitement des patients.

#### **Méthodologie retenue**

Le port d'élastiques nécessite plus de coopération et d'assiduité chez le patient puisque ce dernier doit les placer lui-même tous les jours. Le Forsus est un appareil fixe en bouche, le patient est donc obligé de le porter. Le choix de l'appareil qui sera mis en bouche chez chacun des patients sera déterminé par votre médecin traitant, selon la coopération du patient durant l'alignement initial des dents.

Après une étude complète du dossier, composé : d'une fiche clinique, de photographies, de moulages en plâtre, et de téléradiographie numérique, un plan de traitement est établi. Votre enfant débutera le traitement afin de faire l'alignement préliminaire de ses dents.

Une fois cet alignement fait, l'appareil myofonctionnel sera placé (Forsus, ou élastiques), une fois la correction obtenue (6 à 8 mois) une autre téléradiographie sera prise immédiatement après la dépose des appareils, afin d'évaluer leur effet sur les mâchoires du patient. Votre enfant terminera ensuite son traitement de la même manière que tous les autres patients.

L'étude se fera à partir de l'analyse des radiographies céphalométriques déjà consignées au dossier de votre enfant.

Votre enfant recevra le traitement le plus approprié pour lui, selon son comportement durant la première phase d'alignement. Il se retrouvera donc soit dans le groupe «élastiques», soit dans le groupe «Forsus». Peu importe le groupe dans lequel il se retrouvera, son traitement impliquera la même technique d'orthodontie fixe. S'il se retrouve dans le groupe «élastiques», il devra placer lui-même en bouche ses élastiques.

La durée du traitement sera la même, c'est-à-dire le temps correspondant à la correction du décalage des mâchoires chez votre enfant.

### **Participation volontaire et possibilité de retrait de l'étude**

La participation de votre enfant à ce projet de recherche est tout à fait volontaire. Vous êtes donc libre de refuser d'y participer sans que cela n'affecte la qualité des soins que recevra votre enfant. Vous pouvez également vous retirer de ce projet à n'importe quel moment. Dans ce cas vous avez simplement à aviser votre médecin traitant. Ce dernier peut lui aussi mettre fin à votre participation si vous ne respectez pas les consignes du projet de recherche ou si cela n'est plus dans votre intérêt.

Cependant, en cas de retrait ou d'exclusion, les résultats des analyses déjà effectuées ne seront pas détruits afin de ne pas mettre en péril l'intégrité de l'étude.

### **Consentement**

En ma qualité de représentant légal, j'ai pris connaissance du formulaire d'information et de consentement. Je reconnais qu'on m'a expliqué le projet, qu'on a répondu à mes questions, à ma satisfaction, et qu'on m'a laissé le temps voulu pour prendre une décision.

Après réflexion, j'accepte que mon enfant ou l'enfant que je représente participe à ce projet de recherche aux conditions qui y sont énoncées.

Nom et prénom de l'enfant mineur :

.....

Nom et prénom du représentant légal (parent ou tuteur) :

.....

Date : .....

Signature du représentant légal  
(Parent ou tuteur)

Signature du médecin  
traitant

**Annexe n°2 : Fiche clinique**

*Centre Hospitalo Universitaire de Blida  
Service de Medecine Dentaire  
Unité d'orthopédie dento-faciale*

N° d'ordre :

**1. Renseignements généraux:**

Nom :  Prénom :  Date de naissance :

Sexe :  Date de la 1ère consultation :

Adresse :  N° de téléphone :

Motif de consultation:

**2. Anamnèse**

Taille :  Poids :

Antécédents médicaux :

Antécédents héréditaires:

Allaitement : Sein  Biberon

Utilisation de tétine : Oui  NON

Parafonctions : Succion digitale  Autres .....

**3. Examen de la face:**

Visage : Large  Étroit

Symétrie faciale : OUI  Non

Harmonie des proportions verticales : OUI  NON

Présence de Stomion: OUI  NON

Harmonie du profil cutané :

Convexe  Concave  Rectiligne



**Examen de l'occlusion dynamique:**

Chemin de fermeture : Droit  Latérodéviat[i]on

Proglissement

Interférences postérieures lors de la propulsion: OUI

NON

AFMP : Symétriques  Asymétriques

**6. Examen radiographique:**

**1. Panoramique dentaire:** Date de la radio:

Compte-rendu

.....

.....

**2. Téléradiographie de profil:**

Analyses	Valeurs	Unités	(T0) :...../...../.....	(T2)...../...../.....
DOWNS	SNA	Degrés		
	SNB	Degrés		
	ANB	Degrés		
TWEED	AoBo	Mm		
	FMA	Degrés		
	Axe Y	Degrés		
	I/F	Degrés		
	IMPA	Degrés		
PANCHERZ	Olp-ss	Mm		
	Olp-Pog	Mm		
	Co-Olp	Mm		
	Co-Pog	Mm		
	Co-Go	Mm		
	Olp-is	Mm		
	Olp-ii	Mm		
	Olp-is—Olp-ii	Mm		
	Olp-Ms	Mm		
	Olp-Mi	Mm		
	Mi-Ms	Mm		
	Index HFI	(rapport)		
Ricketts(Ligne E)	Profil cutané			
Age osseux Stade CVM				

### Annexe n°3 : Questionnaire sur le confort

Questionnaire sur le confort face à ton appareil

Je porte :  les élastiques  
 Les bielles

1 -Avez-vous ressenti des douleurs lors de la mise en place de votre appareil ?

(1) Non  (2) Oui, En haut  (3) Oui, En bas  (4) Oui, Les deux

2-Si oui, quels tissus sont douloureux ?

Dents  Gencives  Muqueuses (face interne des joues)

3-Pouvez vous qualifier cette douleur

Absente  faible  modérée  Forte  extrêmement forte

4- Est que ton appareil te gêne dans tes activités quotidiennes ?

1-Non

2-Oui, pendant le sommeil.

3-Oui, pendant les repas.

4-Oui, à l'école. (Élocution, concentration)

5-Oui, au sport.

6- Oui, apparence

7-Oui, autre.....

5-Est ce que ton appareil gêne tes soins d'hygiène orale (brossage)?

0

Ne me gêne  
pas du tout  
énormément

100

Me gêne

6- Est que ton appareil t'as déjà blessé au niveau des joues (face interne)?

Non

Oui, une fois

Oui, deux fois

Oui, plus de deux fois

7-Est ce que ton appareil s'est déjà cassé ?

Non

Oui, une fois

Oui, deux fois

Oui, plus de deux fois

---

# Étude comparative des effets orthopédiques et orthodontiques des bielles fixes, versus élastiques inter-maxillaires de classe II

Thèse Pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Sciences Médicales

Spécialité : Orthopédie Dento-Faciale

---

## Résumé

**Introduction :** Les appareils fonctionnels amovibles de classe II ont montré au cours des années, leur grande efficacité dans le traitement des anomalies de classe II, chez des patients en pleine croissance. Cependant ils dépendent fortement de la coopération des patients pour être efficaces, or la coopération en orthodontie est variable et difficile à prévoir. Une mauvaise coopération peut conduire à de mauvais résultats. Les appareils fonctionnels fixes, représentent alors une bonne alternative, permettant ainsi d'optimiser les résultats de nos traitements et de s'affranchir de la coopération du patient.

**Objectif :** Analyser et comparer à court terme les effets squelettiques et dento-alvéolaires, des bielles fixes « Forsus, FFRD », versus TIM de classe II.

**Matériels et méthode :** Notre échantillon, comporte 76 patients des deux sexes, âgés entre 10 et 14 ans. Après une phase d'alignement préliminaire avec un appareillage fixe multiattache bimaxillaire, 38 patients (9 garçons et 29 filles) ont été traités à l'aide des bielles Forsus FFRD et 38 autres (7 garçons, et 31 filles) avec des TIM de classe II bien portés. (Durée de port : 06 mois). Une première téléradiographie de profil a été prise avant le traitement multibague(T0) et une autre juste après la dépose du correcteur de classe II choisi (T2). Les deux tracés céphalométriques ont été comparés en utilisant l'analyse céphalométrique de Pancherz. Un questionnaire a été remis aux patients après deux mois de port, pour évaluer le confort de nos patients face à leur appareil.

**Résultats :** Sur 23 mesures étudiées, 07 seulement ont révélé des différences significatives [SNA ( $p=0.009$ ), SNB ( $p=0.000$ ), ANB ( $p=0.000$ ), Co.Pog ( $p=0.045$ ), Olp.Pog ( $p=0.001$ ) et FMA ( $p=0.000$ ), amélioration du profil cutané ( $p=0.000$ )]. Ce sont essentiellement les mesures concernant les effets squelettiques. Il y'a une différence significative entre les deux traitements concernant la croissance mandibulaire, avec un taux de croissance mandibulaire estimé à 6.13% pour le FFRD et 1.43% pour les TIM. ( $p=0.001$ )

Nous avons retrouvé un effet restricteur sur le maxillaire supérieur avec les deux traitements selon la valeur OLP-ss ( $p=0.224$ ). Pour la composante dento-alvéolaire, il n'y'a pas de différence significative, les deux traitements proclinent les incisives inférieures, rétroclinent les incisives supérieures et mésialent la molaire inférieure. La molaire supérieure semble plus ou moins stable pour les deux groupes. Concernant le questionnaire sur le confort, les résultats ont révélés que le FFRD était plus contraignant pour le patient comparé aux élastiques (intensité de la douleur, blessure des muqueuses, hygiène plus difficile...).

**Conclusion :** Les deux dispositifs semblent avoir des effets relativement similaires sur le maxillaire supérieur et les dents. Cependant le Forsus FFRD stimulerait la croissance mandibulaire de manière statistiquement plus significative. Une amélioration du profil, a aussi été retrouvée par rapport aux TIM de classe II. En revanche le FFRD serait plus contraignant au quotidien pour le patient, mais ces effets semblent diminuer avec le temps.

---

**Mots-clés :** Classe II, Bielle Forsus FFRD, Tractions inter-maxillaires de classe II.

---

### Directrice de thèse :

Professeur Safia Laraba  
Service d'Orthopédie Dento-Faciale  
HU Béni-Messous

### Auteur :

Docteur ASMA KHEROUA  
Service de Médecine Dentaire  
CHU Blida

---

# Comparative study of the orthopedic and orthodontic effects of fixed appliance, versus class II inter-maxillary elastics

Thesis For obtaining the Doctorate degree in Medical Sciences

Specialty: Dento-facial Orthopedics

---

## Summary

**Introduction:** Class II removable functional appliances have shown over the years to be highly effective in the treatment of class II anomalies in growing patients. However, they strongly depend on the cooperation of patients to be effective, and cooperation in orthodontics is variable and difficult to predict. Bad cooperation can lead to bad results. Fixed functional devices therefore represent a good alternative, thus making it possible to optimize the results of our treatments and to overcome the cooperation of the patient.

**Objective:** to analyse and compare the skelettiques, and dento-alveolar effects of using Forsus FFRD versus class II elastics well worn.

**Matériels and methode :** A sample of 76 patients of the two sexes, aged between 10 and 14 years was treated Following a preliminary alignment phase with full fixed braces, 38 patients (29 girls, 9 boys) were treated with Forsus FFRD, and 38 patients (31 girls, 37 boys) were treated with classe II elastics (Average wearing time :06 months). Cephalometric radiographs were taken before the alignment phase (T0) and another one were taken after removing the classe II corrector (T2). The two cephalometrics tracing were compared using the Pancherz analyse. Questionnaires to assess comfort with the appliances were given to the patients approximately after two month of wearing.

**Results :** On the 27 studied parametres, only 07 showed a statistically significant differences [SNA ( $p=0.009$ ), SNB ( $p=0.000$ ), ANB ( $p=0.000$ ), Co.Pog ( $p=0.045$ ), OIp.Pog ( $p=0.001$ ), et FMA ( $p=0.000$ ), profil improvement ( $p=0.000$ )].

These are basically the measurements regarding skeletal effects. There is a significant difference between the two treatments regarding mandibular growth, with an estimated mandibular growth rate of 6.13%13% for the FFRD, and 1.43% for the elastics. ( $p=0.001$ ). We found a restrictive effect on the upper jaw with the two treatments according to the OLP-ss value ( $p = 0.224$ ). For the dento-alveolar component, the two treatments procline the lower incisors, and retrocline the upper incisors, mesial the lower molar. The upper molar seems more or less stable. For the questionnaire on the assessment of comfort, the results revealed that the FFRD was more restrictive for the patient than elastics (intensity of pain, injury to the mucous membranes, more difficult hygiene ...).

**Conclusion:** We can conclude that the two devices have relatively similar effects on the upper jaw and teeth. However, Forsus FFRD stimulate mandibular growth in a statistically significant manner. An improvement in the profile was also found compared to class II elastics. On the other hand, FFRD would be more restrictive on a daily basis for the patient, but these effects seem to decrease over time.

---

**Keywords:** Class II, Forsus FFRD, Class II elastics

---

### Director og thesis

Professor Safia Laraba  
Service of Dento-Facial orthopedics  
UHC Béni-Messous

### Author

Doctor ASMA KHEROUA  
Service of Dental Medicine  
UHC Blida