

**UNIVERSITE PARIS DESCARTES – PARIS 5**

**FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE**

1, rue Maurice Arnoux 92120 Montrouge

Année 2015

**MEMOIRE pour le DIPLOME D'ETUDES SPECIALISEES**

**en ORTHOPEDIE-DENTO-FACIALE**

présenté et soutenu publiquement le

par **FRAEYMAN Mathilde**

née le 20/04/1988

ETUDE RETROSPECTIVE DES MODIFICATIONS DENTO-ALVEOLAIRES  
ET SQUELETTIQUES A LA SUITE D'UN TRAITEMENT D'INTERCEPTION  
PAR PUL CHEZ DES PATIENTS EN CL II DIVISION 1

Directeur de mémoire : Madame le docteur Elvire LE NORCY



**UNIVERSITE PARIS DESCARTES  
FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE**

DÉPARTEMENTS	DISCIPLINES	PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS (PU-PH)	MAÎTRES DE CONFÉRENCES (MCU-PH)
1	ODONTOLOGIE PÉDIATRIQUE	Mme VITAL	M. COURSON Mme DAVIT-BEAL Mme DURSUN Mme LANDRU Mme VANDERZWALM Mme JEGAT
	ORTHOPÉDIE DENTO-FACIALE		Mme BENAHMED M. DUNGLAS Mme KAMOUN-GOLDRAT Mme LE NORCY
	SANTÉ COMMUNAUTAIRE ET POPULATIONS SINGULIÈRES	Mme FOLLIGUET M. PIERRISNARD	M. NEBOT
2	PARODONTOLOGIE	Mme COLOMBIER M. SAFFAR	Mme DRIDI Mme GOSSET M. GUEZ
	MÉDECINE ET CHIRURGIE BUCCALES	M. MAMAN	Mme EJEIL M. GAULTIER M. HADIDA M. NGUYEN Mme RADOI M. WIERZBA
3	ODONTOLOGIE CONSERVATRICE ENDODONTIE	Mme CHEMLA M. LASFARGUES	Mme BESNAULT M. BONTE Mme BOUKPESSI M. DECUP Mme GAUCHER
	PROTHÈSE	M. POSTAIRE	M. CHEYLAN M. DAAS M. DOT M. EID Mme FOUILLOUX-PATEY M. NAVEAU M. RENAULT M. RIGNON-BRET M. TIRLET M. TRAMBA Mme WULFMANN
4	PRÉVENTION-ÉPIDÉMILOGIE ÉCONOMIE DE LA SANTÉ ET ODONTOLOGIE LÉGALE		Mme GERMA M. PIRNAY M. TAVERNIER
	SCIENCES BIOLOGIQUES	Mme CHAUSSAIN M. GOGLY Mme POLIARD Mme SEGUIER	M. ARRETO Mme BARDET Mme CHARDIN M. LE MAY M. ROCHEFORT
	SCIENCES ANATOMIQUES PHYSIOLOGIQUES ET OCCLUSODONTIQUE		M. ATTAL Mme BENBELAID M. BOUTER M. CHARRIER M. CHERRUAU M. FLEITER Mme FRON-CHABOUIS Mme MILLOT M. SADOUN M. SALMON Mme TILOTTA



## REMERCIEMENTS

**Mme le Docteur Elvire LE NORCY**

Docteur en Chirurgie Dentaire  
et spécialiste qualifiée en orthodontie  
Maître de Conférences des Universités  
Praticien Hospitalier

*Qui m'a fait l'honneur de diriger ce travail. Je vous remercie pour la confiance que vous m'avez accordée. Veuillez trouver ici le témoignage de ma respectueuse considération.*

*Je remercie l'ensemble des professeurs de Paris 5 d'avoir partagé votre savoir au cours de ces 3 années d'internat, veuillez trouver l'expression de ma respectueuse considération.*

*Je remercie le Docteur E. Le Norcy d'avoir acceptée de diriger ce mémoire. Veuillez trouver l'expression de ma reconnaissance et de mes sincères remerciements.*

*Je remercie le Docteur G. Guillaumot, pour tant de chose... votre sourire, votre humilité, votre sympathie, votre soutien, votre présence au sein de l'hôpital. Vous nous avez appris bon nombre de techniques que j'espère ne jamais oublier. Merci pour tout GG et soyez assurée de ma profonde reconnaissance.*

*Je remercie le Docteur A. Lautrou pour son aide et ses conseils nécessaires à la réalisation de ce mémoire.*

*Je remercie le Docteur A. Prieur pour votre coopération, votre soutien durant ce mémoire et pour la passion de votre métier que vous transmettez volontiers.*

*Je remercie le Docteur I. Fejes Raluy pour votre gentillesse, votre bienveillance et votre partage de données nécessaire à la réalisation de mon mémoire.*

*A Philippe, merci pour ton soutien sans faille, ta participation et tes conseils.*

*A Camille, merci pour ta participation.*

*A mes parents, ma famille et mes amis merci.*







# TABLE DES MATIERES

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>PRINCIPES ET OBJECTIFS DES TRAITEMENTS D'INTERCEPTION DE LA MALOCCCLUSIONS DE CLASSE II DIVISION 1</b>	<b>15</b>
2.1	DEFINITION DE LA CLASSE II DIVISION 1	15
2.1.1	<i>Examen clinique d'une cl II,1</i>	16
2.1.2	<i>Etiopathogénie de la Cl II,1</i>	17
2.2	TRAITEMENT PRECOCE DE LA CL II,1	19
2.2.1	<i>Variabilité des réponses aux thérapeutiques interceptives</i>	21
2.2.2	<i>Croissance mandibulaire</i>	23
2.2.3	<i>Principe de propulsion mandibulaire</i>	26
2.3	DIFFERENTES FAMILLES D'ACTIVATEUR DE CROISSANCE DE CLASSE II	29
2.3.1	<i>Activeurs rigides de classe II</i>	30
2.3.2	<i>Activeurs élastiques ou composites</i>	32
2.3.3	<i>Activeurs propulseurs à butée</i>	32
2.3.4	<i>Activeurs souples</i>	34
<b>3</b>	<b>PROPULSEUR UNIVERSEL LIGHT</b>	<b>37</b>
3.1	DESCRIPTION DE L'APPAREIL	37
3.1.1	<i>Maxillaire</i>	38
3.1.2	<i>Mandibule</i>	40
3.1.3	<i>Système de propulsion</i>	40
3.2	PRINCIPES	41
3.2.1	<i>Effets recherchés par le PUL</i>	42
3.2.2	<i>Principe d'action du PUL selon les typologies faciales</i>	42
3.3	INTERÊTS DU PUL	45
3.3.1	<i>Avantages</i>	45
3.3.2	<i>Inconvénients</i>	45
3.4	DEROULEMENT DES SEQUENCES DE TRAITEMENT AVEC PUL	46
3.5	A PROPOS D'UN CAS	48
<b>4</b>	<b>MATERIEL ET METHODE</b>	<b>55</b>
4.1	ETUDE	55
4.1.1	<i>Methode</i>	55
4.1.2	<i>Population</i>	56
4.1.3	<i>Critères d'inclusions et d'exclusions</i>	58
4.1.4	<i>logiciels et mesures</i>	59
4.2	ETUDE STATISTIQUE	65
4.2.1	<i>Test de normalité de Shapiro et Wilk</i>	65
4.2.2	<i>Test de Wilcoxon</i>	66
4.2.3	<i>Test d'homogénéité deS variances</i>	66
4.2.4	<i>Test « t » paramétrique de Student</i>	66
4.2.5	<i>Comparaison des valeurs entre le groupe contrôle et le groupe traité à T0</i>	68
4.2.6	<i>Comparaison des valeurs entre le groupe contrôle et le groupe traité à T1</i>	69
<b>5</b>	<b>RESULTATS</b>	<b>71</b>
5.1	LONGUEUR MANDIBULAIRE	71
5.2	PROPORTION CONTREBALANCANTE MANDIBULAIRE	72
5.3	VARIATIONS DES VALEURS DE L'ANALYSE DE TWEED	74
5.3.1	<i>Groupe traité entre T0 et T1</i>	74
5.3.2	<i>Groupe contrôle entre T0 et T1</i>	75

5.3.3	<i>Entre le groupe traité et le groupe contrôle à T1</i>	75
<b>6</b>	<b>DISCUSSION</b>	<b>77</b>
6.1	EFFETS SQUELETTIQUES	77
6.1.1	<i>Effets sur le maxillaire</i>	77
6.1.2	<i>Effets sur la mandibule</i>	78
6.2	EFFETS DENTO-ALVEOLAIRES	83
6.2.1	<i>Surplomb</i>	83
6.2.2	<i>Incisive mandibulaire</i>	84
<b>7</b>	<b>CONCLUSION</b>	<b>87</b>
<b>8</b>	<b>LISTE DES FIGURES</b>	<b>89</b>
<b>9</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>93</b>





# 1 INTRODUCTION

---

« L'orthopédiste se doit d'être un éducateur qui permet le développement le plus complet d'un schéma individuel de croissance »[17].

La réalisation d'un traitement d'interception fonctionnel a longtemps fait l'objet de débats. La revue Cochrane de 2013[43], ne conclut qu'à un seul intérêt : éviter un traumatisme des dents antérieures. Cependant, la non-réalisation de ce traitement peut-être perçue comme une perte de chance.

D'après l'étude de KOROLUK et coll.[27] le taux de traumatisme des patients en classe II division 1 (cl II,1) est de 29,1% avant traitement. Pendant l'étude, il augmente sans différence significative entre le groupe en deux temps (groupe 1) et le groupe en un temps (groupe 2). On peut alors se demander si le traitement précoce doit commencer dès l'éruption des incisives maxillaires.

L'âge optimal de traitement ne peut cependant être fixé en fonction de la seule dysmorphose. En effet, les directives de l'ANAES[24] nous demandent de prendre en compte plusieurs facteurs tels que l'état général, les conditions psychiques et sociales, l'âge dentaire, les anomalies associées, le stade de croissance et de maturation.

La revue systématique de DARENDELILER[13], nous fait observer que la variété phénotypique de la malocclusion de classe II n'est pas toujours prise en compte dans les études cliniques. Les conclusions ne sont pas des références absolues, mais elles donnent des tendances de réponses au traitement. Or, nous savons que chaque patient à traiter est unique et sa réponse au traitement reste individuelle.

La diversité des appareils d'interception de la malocclusion de classe II proposée aujourd'hui offre au praticien une grande variété d'options thérapeutiques. Le choix dépend de différents facteurs orthodontiques et psycho-affectifs. En effet, la coopération du patient reste primordiale pour un résultat optimal car ces dispositifs sont bien souvent amovibles.

Au cours de ce mémoire, nous nous intéresserons au traitement d'interception de la classe II division 1 apporté par le Propulseur Universel Light (PUL). L'évolution des modifications dento-squelettiques a été suivie à travers des téléradiographies de profil avant et après traitement.

Dans un premier temps, nous aborderons les principes de traitement de la classe II division 1, les objectifs du traitement d'interception et nous détaillerons brièvement les différents appareils d'interception. Nous décrirons par la suite le principe du Propulseur Universel Light, son intérêt, ses avantages et ses inconvénients et le déroulement des séquences de traitement.

Dans la dernière partie nous étudierons le traitement par PUL sur une population de jeunes patients en classe II division 1 qui sera comparée à une population de patients en classe II division 1 non traités. Les téléradiographies recueillies nous ont permis de réaliser l'analyse de TWEED et des superpositions structurales. Celles-ci ont été réalisées selon l'analyse L.D.V. L'étude à la fois quantitative et qualitative, nous permettra d'individualiser les mouvements dento-alvéolaires et squelettiques opérés durant le traitement d'interception.

## 2 PRINCIPES ET OBJECTIFS DES TRAITEMENTS D'INTERCEPTION DE LA MALOCCLUSIONS DE CLASSE II DIVISION 1

---

### 2.1 DEFINITION DE LA CLASSE II DIVISION 1

C'est en 1923 qu'Angle nous rapporte que: « lorsque la première molaire inférieure s'engrène en arrière de sa position normale, de la largeur au minimum d'une cuspide et des deux cotés. Il en résulte que les autres dents, faisant leur éruption après, auront aussi une position plus distale. C'est la malocclusion de classe II » [26].

La classe II division 1 d'Angle, notée CI II,1 est une anomalie antéro-postérieure qui se caractérise par une distocclusion de l'arcade mandibulaire entraînant une relation de classe II molaire, un surplomb exagéré et une vestibulo-version des incisives supérieures. D'après KOLF[26] la mandibule de classe II,1 (à l'exception de la promaxillie par tic de succion) est généralement hypodéveloppée.

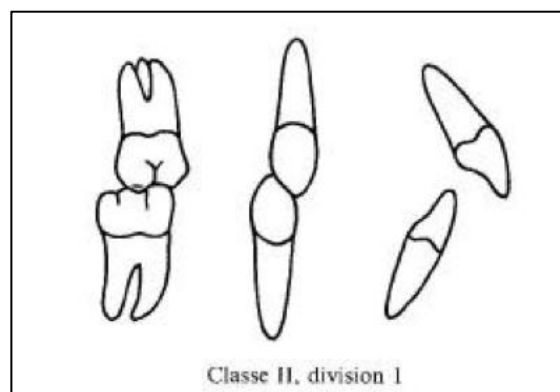


Figure 1 : L'occlusion de la classe II,1 d'Angle d'après ANAES 2002[24].

### 2.1.1 EXAMEN CLINIQUE D'UNE CL II,1

A l'examen **exo buccal**, on relève généralement[24] :

- une convexité marquée du profil, surtout du profil sous-nasal;
- un angle naso-labial augmenté ;
- un menton en retrait avec une courbure du menton plus marquée dans les cas de rotation moyenne ou antérieure et effacée lors des rotations postérieures ;
- un contact labial au repos qui peut être altéré si, une augmentation de la dimension verticale antérieure est associée ;
- une prochéilie supérieure et une rétrochéilie inférieure par rapport aux lignes esthétiques ;
- une lèvre inférieure qui peut s'interposer entre les incisives inférieures et supérieures exposant les incisives au risque de fracture accidentelle;
- un sillon labio mentonnier marqué chez les faces courtes et effacé chez les faces longues.

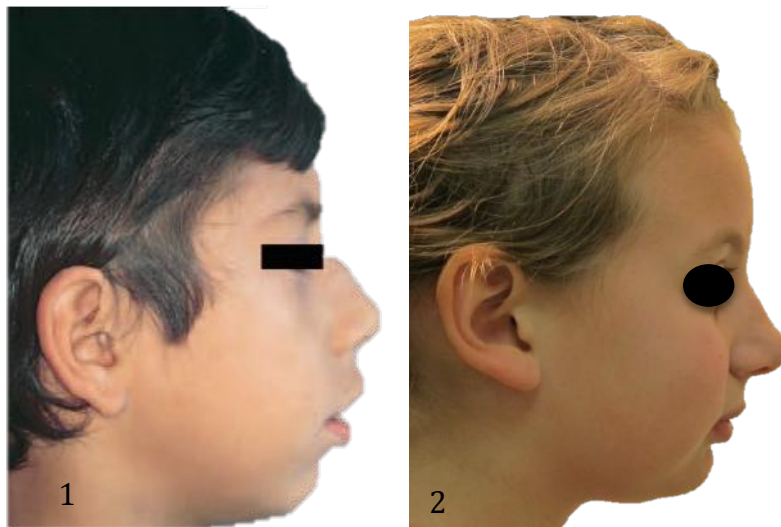


Figure 2 : Photo 1, profil d'une cl II, 1 face longue, d'après KOLF[26]; photo 2, profil d'une cl II,1 face courte (courtoisie Dr PRIEUR).



**L'examen endo buccal**, permet de mettre en évidence :

- une arcade supérieure plus pincée dans sa zone antérieure ;
- une voûte palatine dont la profondeur augmente avec la dimension verticale ;
- l'existence d'une anomalie transversale ;
- une vestibuloversion des incisives supérieures laissant apparaître un surplomb augmenté ;
- une accentuation de la courbe de Spee maxillaire ;
- une relation molaire et canine en classe II d'Angle, selon le stade de denture ;
- une augmentation de la supraclusion, dans les cas de rotation antérieure ;
- dans les cas où la dimension verticale antérieure est augmentée la courbe de compensation antéro-postérieure mandibulaire n'est pas perturbée, une béance peut même apparaître en cas d'interposition linguale ou digitale.

**A l'examen cinétique inter arcade**, on relève des signes variables selon le schéma de croissance :

- si la dimension verticale est normale, on relève très peu de troubles cinématiques mandibulaires ;
- en cas d'augmentation de la dimension verticale liée à une interposition linguale, on peut observer un proglissement mandibulaire ;
- l'interposition linguale et une dissymétrie de la classe II introduisent une instabilité occlusale qui perturbe la cinématique mandibulaire et peuvent provoquer des douleurs cervico-faciales.

### **2.1.2 ETIOPATHOGENIE DE LA CL II,1**

L'article de LE GUEDARD-GIRAULT et coll.[22] propose une classification des différentes formes cliniques de la Cl II,1 en fonction des étiologies.

En effet, la connaissance précise du site de l'anomalie par l'analyse de DELAIRE, contribue à un choix raisonné de la thérapeutique envisagée. Ils répertorient alors plusieurs incidences selon le schéma facial.

**La première description s'intéresse à la Cl II,1 sur une relation squelettique de classe I.** Les anomalies répertoriées vont être :

- Alvéolo-dentaire :

Les patients vont présenter une promaxillie et/ou une rétro-alvéolie mandibulaire. L'étiologie est bien souvent dysfonctionnelle (un déséquilibre des pressions musculaires, une interposition labiale inférieure) et/ou parafunctionnelle (succion du pouce, tétage labial ... ).

**Les étiologies possibles d'une Cl II,1 sur un schéma squelettique de classe II** sont variées. Ces cas représentent la majorité de la population orthodontique. Les causes vont être:

- Crâniennes :

La base du crâne peut-être trop longue. En sachant que la croissance est liée à celle du cerveau et de la face[32].

D'autres anomalies peuvent-être retrouvées : une implantation trop postérieure de la mandibule par la cavité glénoïde, un allongement sagittal du maxillaire, une fermeture de l'angle antérieur de la base du crâne ou une ouverture de l'angle postérieur. Il faudra tenter de compenser le problème crânien en stimulant la croissance mandibulaire.

- Basales Maxillaires :

Le maxillaire est trop avancé. On retrouve parfois un excès vertical maxillaire s'associant à une autorotation postérieure de la mandibule. Dans ce dernier cas, aucun traitement précoce ne peut harmoniser. Seul l'impaction du maxillaire à l'âge adulte corrigera cette anomalie. Dans le cas de promaxillie, on pourra traiter précocement par une Force Extra Orale.

- Basales Mandibulaires :

La mandibule est alors implantée trop postérieurement. On le visualise aisément sur la téléradiographie de profil en occlusion. La partie postérieure du ramus est alors située en arrière de la limite postérieure du pharynx.

La branche montante mandibulaire peut-être trop courte. Cela correspond à un potentiel de croissance mandibulaire trop faible. La phase de traitement précoce est alors inutile seule l'indication de traitement ortho-chirurgicale est optimale[22].

La branche horizontale peut-être réduite, l'origine est alors fonctionnelle. La réponse au traitement intercéptif sera plus favorable.

- Dento-alvéolaires :

La malocclusion s'ajoute toujours à une étiologie basi-crânienne pour compenser ou aggraver le décalage squelettique.

**Les cas de classe III squelettiques associés à une cl II,1 d'Angle** font partie de la troisième classification proposée. Ils différencient :

- Les vraies classe III, qui ne présentent pas d'autorotation antérieure de la mandibule. L'anomalie est alors une rétro-alvéolie mandibulaire globale. La correction se fera alors chirurgicalement après la croissance avec une génioplastie d'harmonisation.
- Des fausses classe III qui résultent d'un défaut de croissance maxillaire vertical provoquant une autorotation antérieure de la mandibule. La correction sera chirurgicale à l'âge adulte.

## **2.2 TRAITEMENT PRECOCE DE LA CL II,1**

Le traitement précoce profite des modifications importantes liées à la croissance et à la mise en place des structures dento-faciales pour ré-harmoniser un décalage dento-squelettique.

D'après la revue Cochrane de 2013[43], le bénéfice obtenu ne semble pas apporter à long terme, de croissance additionnelle de longueur mandibulaire en comparaison à un traitement en un temps.

Dans l'article publié par LAUTROU et SALVADORI[29] et cité dans le rapport de la ANAES 2002[24], on réserve le traitement orthopédique des classes II,1 :

- en période de croissance importante, juste avant le pic de croissance pubertaire ;
- pour une typologie méso ou brachyfaciale ;
- en absence de dysharmonie dento-maxillaire (DDM) importante ;
- en cas de forte DDM, la phase orthopédique est indiquée si l'importance de la dysmorphose ne permet pas la correction avec l'orthodontie seule ou que l'amplitude de correction chirurgicale est trop importante. Dans ce dernier cas une intervention précoce peut être envisagée ;
- juste avant l'évolution des dents permanentes des secteurs latéraux de telle sorte que la fin du traitement orthodontique arrive après le pic pubertaire.

La classification récente de BACETTI et coll. en 2005[3], nous permet d'évaluer la croissance mandibulaire par modification de l'anatomie du corps des vertèbres cervicales C2, C3, C4 visibles sur les téléradiographies de profil. Le dispositif interceptif doit être idéalement mise en place au stade CS3 pour bénéficier du pic de croissance mandibulaire.

L'orthopédie fonctionnelle est définie par DUNGLAS et coll.[17] comme « le rétablissement d'une fonction normale, avec ou sans appareil, afin d'obtenir des effets orthopédiques et/ou orthodontiques secondaires pouvant eux-mêmes contribuer à la correction fonctionnelle ».

Les objectifs recherchés par le premier temps du traitement d'interception sont les suivants :

- favoriser la croissance sagittale de la mandibule ;
- corriger la malocclusion par l'obtention d'une classe I molaire et canine et une réduction du surplomb permettant le rétablissement du guide antérieur ;
- supprimer les troubles fonctionnels altérant le développement cranio-facial ;
- éduquer les fonctions et assurer un entraînement musculaire.

Des questions subsistent encore concernant la réponse mandibulaire. La croissance est-elle accélérée pour atteindre plus vite sa taille finale où la croissance est-elle supérieure à la croissance obtenue s'il n'y avait pas eu de traitement ?

### **2.2.1 VARIABILITE DES REPONSES AUX THERAPEUTIQUES INTERCEPTIVES**

La réponse mandibulaire face aux thérapeutiques fonctionnelles interceptives est variable.

Une étude récente de FRANCHI et coll.[19] s'intéresse à la prédiction individuelle de croissance mandibulaire. L'échantillon compte 51 patients, corrigés par Twin-Block ou Bielle de Herbst fixe ou amovible sur gouttière. Il en résulte que les patients traités au stade de maturation cervicale CS3 avec une angulation Co-Go-Me inférieure à 125,5° répondent bien au traitement fonctionnel intercèptif. Nous allons décrire plusieurs facteurs qui entrent en jeu dans la réponse mandibulaire.

#### ***2.2.1.1 Potentiel auxologique***

L'efficacité d'un appareil fonctionnel d'après Petrovic et coll.[35] dépend essentiellement du potentiel de croissance tissulaire et cellulaire de la mâchoire inférieure.

La capacité de réponse de la mandibule face aux sollicitations reçues s'appelle le potentiel auxologique. Sa mesure est quantifiable avec l'analyse architecturale de DELAIRE. D'après un mémoire CECSMO de FELEPETO[18], la valeur seuil du potentiel auxologique serait 79,5% en dessous de celle-ci la mandibule ne répondrait pas favorablement au traitement orthopédique fonctionnel.

### **2.2.1.2 Facteurs génétiques**

Les mécanismes cellulaires relèvent de la gestion des facteurs génétiques.

D'après RABIE et coll.[37] la propulsion mandibulaire augmente l'expression des facteurs de croissance (IGF1, IGF2) qui stimulent une cascade moléculaires au sein du cartilage condylien. Or les réponses moléculaires sont génétiquement individualisées. Cela peut expliquer la variabilité des réponses aux dispositifs de propulsion. Plusieurs études peuvent illustrer cette hypothèse.

L'étude de RABIE et coll.[37] observe que, lors de la croissance condylienne, les cellules mésenchymateuses se différencient en chondrocytes. Ces cellules servent ensuite à la formation d'une matrice cartilagineuse qui sera minéralisée. Cette différenciation est régulée par le facteur de transcription SOX9 mais aussi d'autres facteurs comme par exemple L-SOX5, SOX6. L'expression de ces facteurs peut relever de facteurs génétiques.

Une seconde étude de RABIE et coll.[39] mesure la quantité de réplication des cellules mésenchymateuses chez des rats traités par avancée mandibulaire et des rats non traités. Le traitement orthopédique a conduit à une augmentation de la réplication des cellules mésenchymateuses. Ce phénomène se localise au niveau postérieur du condyle et de la cavité glénoïde. Alors que dans le groupe témoin, l'activité de réplication se situe au niveau antérieur de la cavité glénoïde et dans la région postérieure du condyle.

Le mécanisme physiologique de la réplication cellulaire est ainsi contrôlé par des facteurs génétiques.

## 2.2.2 CROISSANCE MANDIBULAIRE

La mandibule est le seul os mobile de la face, appendue au crâne par l'intermédiaire d'une zone complexe : l'articulation temporo-mandibulaire.

La correction de la malformation de classe II est le résultat de la combinaison de différents effets, tels que :

- la croissance condylienne ;
- un remodelage de la fosse glénoïde ;
- une modification de l'angle goniale ;
- une restriction de la croissance maxillaire ;
- des modifications dento-alvéolaires[13].

La croissance foetale et post-natale mandibulaire est un phénomène secondaire sans autonomie propre. Elle est suscitée par les gaines périostées des muscles portés par cet os et intervenants dans les fonctions oro-faciales[11].

### 2.2.2.1 *Croissance post-natale de la mandibule*

Durant la croissance post-natale, le ramus se développe en hauteur et en largeur. A 4.5 ans, il a atteint entre 64% et 70% de sa hauteur adulte. La branche horizontale, se développe en longueur pour recevoir les dents. Entre 4 et 17 ans la longueur mandibulaire présente une très forte croissance en suivant approximativement la longueur du corps mandibulaire. L'augmentation de la distance Condylion-Point Menton mesure respectivement 25mm chez les filles et 30mm chez les garçons. Pendant ce temps, on observe une diminution de l'angle FMA. Le condyle mandibulaire représente également un centre important de croissance (cela sera développé dans le paragraphe suivant)[21].

Les principaux sites de croissance modelante mandibulaire vont être le procès alvéolaire, le processus coronoïde et l'angle goniale.

- Les procès alvéolaires vont jouer le rôle de rattrapage de la croissance des maxillaires.
- La partie postéro-supérieure et latérale du ramus croît par apposition. Cette croissance produit un recul, un élargissement de la branche verticale et un éloignement des structures goniales. Alors que les parties inférieures et antérieures du ramus se remodelent par résorption afin d'augmenter la longueur du corps mandibulaire. Au niveau médian et inférieur du ramus, l'apposition va recouvrir la tubérosité linguale du corpus.
- La partie postéro-latérale et médiane du coroné grandit par apposition, pendant que la partie antérieure se résorbe.
- Au niveau de la symphyse, une résorption s'opère en antéro-supérieur. Elle se compense par une apposition en postéro-supérieur de la corticale pour conserver son épaisseur sagittale. Une apposition est aussi retrouvée en antéro-inférieur. En revanche, la corticale entre le point B et le pogonion est stable car elle n'est pas soumise aux phénomènes d'apposition-résorption[1].

La mandibule effectue aussi des rotations sagittales de croissance. En général, dans le sens sagittal, la rotation est à tendance antérieure[6]. Le taux de rotation verticale est en moyenne de  $0.4^{\circ}$  à  $1.3^{\circ}/\text{an}$ . Il est augmenté lors de l'enfance et de l'adolescence[21].

Des rotations transversales sont retrouvées par adaptation à la croissance transversale maxillaire.

#### ***2.2.2.2 Croissance du condyle***

Le cartilage secondaire condylien permet une croissance adaptative en réponse à la croissance des structures adjacentes et ce environ jusqu'à 22 ans chez le garçon et 18 ans chez la fille[1]. Le taux de croissance du condyle est en moyenne de 2 à 2.5mm/an chez la fille et de 2,5 à 3 mm/an chez le garçon durant l'enfance et l'adolescence. Cette



croissance est rythmée par des pics de croissance durant la petite enfance et l'adolescence.

Le cartilage secondaire condylien est un centre de croissance important. La spécificité de ce cartilage réside dans le fait qu'il répond secondairement aux signaux généraux (par exemple : les hormones) après une stimulation par des facteurs de croissance locaux[41]. Le cartilage condylien a une capacité spécifique multidirectionnelle de croissance et de remodelage. Par conséquent, il s'adapte aux changements mécaniques ou positionnels par une altération ou une reprise de la chondrogenèse aboutissant à une ossification endochondrale.

Plusieurs théories se sont succédées:

- Une première théorie énonce que la croissance des tissus mous se fait vers le bas et l'avant. Elle provoque un écartement de la zone intra-articulaire qui sera comblée par la croissance condylienne.
- Une autre évoque, que la pression exercée via la croissance du condyle sur la cavité glénoïde entraîne son remodelage[32].
- En dernier, la théorie cybernétique de PETROVIC[21], nous explique que la croissance maxillaire vers le bas et l'avant déplace les forces occlusales vers l'avant. Les muscles propulseurs mandibulaires vont agir pour que la mandibule conserve son emboîtement occlusal avec le maxillaire. Le condyle maxillaire va alors se remanier via les facteurs hormonaux.

Des expériences ont été réalisées sur le singe permettant de penser que l'aptitude à répondre à un facteur biomécanique est liée à la spécificité tissulaire et non à l'espèce[30].

Ce phénomène d'adaptation squelettique nous permet d'utiliser la position mandibulaire en hyperpropulsion afin de réorienter un schéma de croissance dysharmonieux. Cette position aura potentiellement comme effet réciproque le freinage de la croissance sagittale du maxillaire, transmis par le dispositif.

### 2.2.3 PRINCIPE DE PROPULSION MANDIBULAIRE

En présence d'un guide antérieur fonctionnel[42], le glissement des incisives mandibulaires sur les faces palatines des incisives maxillaires provoque une désocclusion des secteurs cuspidés. Le patient quitte la position d'intercuspidie maximale vers la position de propulsion.

Elle s'opère en deux temps. Tout d'abord, l'ensemble du corps mandibulaire effectue un mouvement de rotation autour des incisives mandibulaires et le condyle mandibulaire effectue une trajectoire à tendance verticale. Au delà, une deuxième phase avec une translation postéro-antérieure s'exécute. La trajectoire du condyle devient moins pentue. Le condyle suit le versant postérieur du tubercule articulaire.

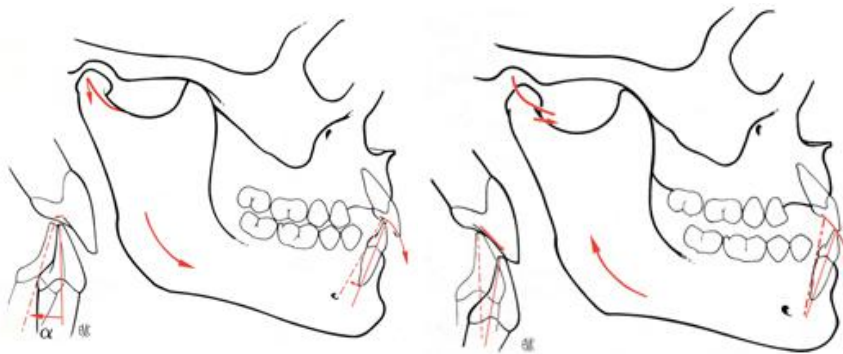


Figure 3 : Phase initiale du mouvement de propulsion mandibulaire (schéma de gauche) et seconde phase du mouvement mandibulaire de propulsion (schéma de droite), d'après TAVERNIER et coll[42].

Or, dans les cas de Classe II,1 d'Angle, la présence parfois d'une supraclusion et d'un excès de surplomb empêche le guidage fonctionnel normal dento-dentaire de la propulsion mandibulaire. La propulsion est guidée seulement par le dispositif de traitement.

#### 2.2.3.1 Réponse osseuse

Le cartilage condylien est un cartilage de type II influençable par les facteurs environnementaux. Sa croissance pourra être accélérée par le port d'un appareil d'avancée mandibulaire.

Un article de PETROVIC[35], indique plusieurs modifications observées à la suite d'un traitement avec un dispositif de propulsion (type activateur monobloc LSU) chez le rat. Le taux du cartilage de croissance du condyle a été accéléré. La direction de croissance condylienne a été réorientée vers l'arrière. Et l'ossification sous-périostée du bord postérieur de la branche montante a contribué à la croissance postéro-antérieure de la mandibule.

D'autres études se sont intéressées aux mécanismes de la réponse osseuse.

PETROVIC et coll.[34] se sont intéressés aux modifications cellulaires lors du port d'un hyperpropulseur mandibulaire (activateur amovible) entre 8 et 12 heures par jour. Ils ont mesurés une augmentation de l'activité mitotique des cellules mésenchymateuses dans le condyle et un épaissement des couches de préchondroblastes et de chondroblastes.

Il est rapporté dans l'article de SHEN et coll. [41] que le premier maillon de la cascade moléculaire pourrait être « Ihh » un médiateur des signaux mécaniques. Il transmettrait l'information de la position de propulsion mandibulaire aux cellules mésenchymateuses du condyle qui initient à leur tour une cascade vers une ossification endochondrale.

D'après une observation de RABIE et coll.[37], les cellules mésenchymateuses vont se différencier en chondroblastes puis synthétiser du collagène de type II ; un constituant de la matrice cartilagineuse. Ces chondroblastes vont devenir hypertrophiques et sécréter du collagène type X. Il est le marqueur d'une ossification endochondrale et de la minéralisation de la matrice cartilagineuse.

Un article de RABIE et coll.[38] mesure le taux d'angiogenèse (via VEGF) et de formation osseuse. Il est significativement augmenté au niveau postérieur de la fosse glénoïde chez les rats traités par avancée mandibulaire, contrairement au groupe de rats témoin dont la croissance est naturelle.

Une autre étude de RUF et coll.[40] propose des mesures sur des clichés IRM de l'ATM. Ces mesures ont pour objectif de visualiser l'évolution du rapport condyle-cavité glénoïde après une thérapeutique par Bielle de Herbst. Ils identifient ainsi un remodelage au niveau postérieur du condyle et un remodelage de la face antérieure de la cavité glénoïde. Ils ne parlent pas d'ostéogénèse mais de remodelage osseux.

### **2.2.3.2 Réponse musculaire**

Lorsque l'intercuspitation n'est pas stable, l'activité du ptérygoïdien latéral et des autres muscles masticateurs augmente pour optimiser la position occlusale.

De même, lors d'une propulsion, l'absence de contacts intercuspidiens provoque la contraction du ptérygoïdien latéral. Il contribue ainsi au mouvement d'antépulsion mandibulaire et stimule la croissance du condyle[10].

En effet, ses insertions antérieures se font sur la partie antérieure et médiale du col du condyle mandibulaire et sur la partie adjacente du fibrocartilage interarticulaire.

D'après une expérience chez le rat de PETROVIC et coll.[34], il est retrouvé que son chef supérieur active la multiplication des préchondroblastes du condyle.

D'autres muscles interviennent aussi lors du mouvement de propulsion ;

- les fibres antérieures du masséter superficiel [30] ;
- le ptérygoïdien médial ;
- certains muscles rétropulseurs : les fibres postérieures du muscle masséter et du muscle temporal présentent une augmentation du nombre de sarcomères lors de l'hyperpropulsion. Cela permet le processus d'accroissement de l'amplitude condylienne.

L'activation de ces muscles entrainerait l'activation des cartilages de croissance coronéoïde et angulaire selon PETROVIC et coll.[34].

Un article de DU et coll.[15] mesure par électromyographie l'activité musculaire du masséter et des fibres antérieures du temporal pendant un traitement d'avancée mandibulaire par Bielle de Herbst. Pendant la phase initiale, une réduction de 20% de l'activité est enregistrée par rapport à l'activité musculaire avant le début du traitement. Puis, à 6 mois de traitement, l'activité du masséter a augmenté de façon significative en dépassant de 30% à 50% l'activité avant traitement. Pour les fibres antérieures du temporal, l'activité diminue en début de traitement pour augmenter par la suite mais cette différence n'est pas significative.

Une observation intéressante a été faite par BEUKES et coll.[5] en comparant une ostéotomie mandibulaire bilatérale sagittale (BSSO) décrite par Obwegeser et Dalpont qui ne sectionne pas l'insertion du ligament stylomandibulaire et l'insertion

du muscle ptérygoïdien médial sur la face interne de la branche montante et de l'angle mandibulaire et une autre ostéotomie décrite par Hunsuck et Epker qui sectionne les insertions du ptérygoïdien médial et du ligament stylomandibulaire sur la face interne de la mandibule.

Ils supposent que la séparation des fibres d'insertions du ptérygoïdien médial par le trait de section passant au milieu de la zone d'attachement du ptérygoïdien risque de provoquer une rotation horaire du segment proximal avancé. La section des insertions musculaires de ces deux entités a amélioré la stabilité à long terme du sens vertical et horizontal. C'est deux muscles ont ainsi un rôle à jouer dans le maintien de la position mandibulaire en propulsion. Peut-on estimer qu'ils participent à la récurrence post-thérapeutique des activateurs ?

L'appareil de propulsion se veut d'aller au delà de la position de repos musculaire afin d'activer le réflexe myotatique.

Les muscles sont allongés lors de la propulsion avec une modification de leur direction de fonctionnement. Ils vont répondre activement par une contraction réflexe immédiate et de manière passive par leur visco-élasticité.

A long terme, on observe des changements de longueur du muscle. L'activité musculaire est dépendante aussi de l'occlusion. Il faut veiller notamment chez les patients hyperdivergents à avoir un calage molaire afin de solliciter les muscles élévateurs de la mandibule par l'intermédiaire des propriocepteurs desmodontaux.

### **2.3 DIFFERENTES FAMILLES D'ACTIVATEUR DE CROISSANCE DE CLASSE II**

Plusieurs appareils de correction de la classe II, à action orthopédique et /ou orthodontique, ont été proposés. On retrouve une première famille d'activateurs rigides de classe II, une deuxième famille d'activateurs élastiques ou composites et une dernière famille d'activateurs propulseurs à butée.

### 2.3.1 ACTIVATEURS RIGIDES DE CLASSE II

Ils dérivent de ceux de ROBIN et de ceux d'ANDRESEN[10]. Nous nous intéresserons au monobloc d'ANDRESEN, qui représente la forme la plus simple de l'activateur de ROBIN. En effet, les variantes des activateurs monobloc sont infinies.

Il est conçu de manière à provoquer une propulsion mandibulaire, non ajustable dans le temps. Une plaque en résine mandibulaire est reliée via une couche de résine à une plaque en résine maxillaire.

Au maxillaire, un bandeau vestibulaire est ajouté. Dans certains types d'activateurs, des crochets Adams sont ajoutés pour la rétention. Sinon, l'appareil peut-être libre dans la bouche obligeant ainsi le patient à rester bouche fermée et à ventiler par le nez.

La relation inter-arcade est établie à partir d'une cire de propulsion. L'interposition de résine au niveau inter-dentaire provoque une stimulation proprioceptive parodontale et entraîne une ouverture buccale. Pour certains auteurs, cette ouverture doit rester proche de la position de repos et pour d'autres, elle peut atteindre 10 à 15mm. Un vérin médian peut-être ajouté pour la correction de la dysharmonie du sens transversal consécutive à la correction de la classe II d'Angle. Son action est à la fois orthopédique et orthodontique.

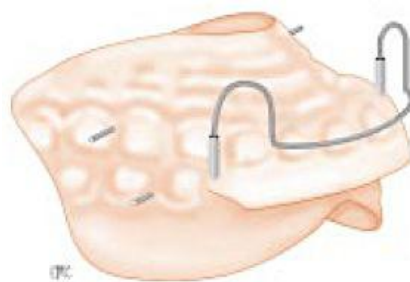


Figure 4 : Activateur rigide monobloc d'Andresen[2].

Dans le sens sagittal, la mise en tension des muscles rétropulseurs mandibulaires lors de l'hyperpropulsion va être transmise au maxillaire freinant ainsi sa croissance. Une version distale de l'arcade maxillaire et une version linguale des incisives maxillaires est décrite. A la mandibule, l'arcade a tendance à se verser mésialement et les incisives à se verser en vestibulaire. Pour contrôler cette version, les auteurs nous

invitent à prendre le moins d'appui possible sur l'arcade mandibulaire et à utiliser le réflexe d'évitement. La réalisation d'une propulsion modérée afin de solliciter peu les muscles rétropulseurs et de stimuler les ptérygoïdiens latéraux par une surépaisseur de résine est aussi un argument.

Le plan d'occlusion et le plan palatin réalisent une rotation horaire. Cet effet va à l'encontre de la correction du rapport squelettique de classe II, pour le contrecarrer une force extra-orale peut être ajoutée à l'activateur rigide.

Les activateurs monoblocs rigides associés à une force extra-orale sont appelés aussi activateurs mixtes. Il en existe différentes variantes. L'activateur de CHABRE qui possède un arc facial intégré à la résine. L'activateur de LAUTROU où l'arc facial reste mobile dans la résine grâce à une charnière, pour faciliter le réglage des branches externes.

Il est indiqué pour des classes II mixte ou avec promaxillie car la force extra-orale s'ajoutera au frein de la croissance maxillaire par l'activateur lui-même. Le réglage des branches externes de l'arc facial permettra de contrôler le mouvement du plan d'occlusion et du plan palatin. Si la branche passe en dessous du centre de résistance de l'hémi-maxillaire et du centre de résistance alvéolo-dentaire maxillaire. La réciproque sera une bascule horaire. Si la branche passe entre les deux centres de résistance. On aura une bascule horaire du plan palatin et une bascule antihoraire du plan palatin. Si la branche passe au dessus des deux centres de résistance, le mouvement consécutif sera une bascule antihoraire du plan d'occlusion et du plan palatin.

On retrouve une action orthopédique avec une croissance mandibulaire favorisée et une croissance maxillaire ralentie vers le bas et vers l'avant. Un glissement de l'arcade maxillaire en distal est aussi décrit avec la version linguale des incisives maxillaires. A la mandibule s'opère un glissement mésial de l'arcade et une vestibuloversion des incisives.

### 2.3.2 ACTIVATEURS ELASTIQUES OU COMPOSITES

Ils sont dérivés du Gebissformer de BIMLER. La propulsion mandibulaire s'effectue par un guidage physiologique. Ils ont pour vocation aussi de rééduquer la sphère oro-faciale. Ils sont composés de plusieurs pièces de résines reliées entre-elles par du fil métallique. Le principal avantage reste la liberté des mouvements mandibulaires. Des auxiliaires comme une FEO ou un écran vestibulaire, une pelote linguale peuvent être ajoutés.

En revanche, une augmentation de la hauteur faciale est souvent constatée. Il faudra l'éviter chez les sujets hyperdivergents, face longue[17]. Plusieurs appareils sont décrits dans la littérature, l'activateur de BIMLER, le bionator de BALTERS, le régulateur de fonction de FRANKEL, l'appareil de BASS, le kinetor de STOCKFISH...

On évoque plus souvent le régulateur de fonction de FRANKEL. Il se compose de deux écrans vestibulaires, deux écrans labiaux, d'un bandeau vestibulaire, d'un arc palatin et d'un arc rétro-incisif inférieur. La mandibule est propulsée par reflexe d'évitement des pelotes linguales.



Figure 5 : Régulateur de fonction de Fränkel[17].

### 2.3.3 ACTIVATEURS PROPULSEURS A BUTEE

Le dispositif de propulsion guide mécaniquement la mandibule de manière progressive, forcée et continue en s'appuyant sur des éléments dento-alvéolaires maxillaire et mandibulaire. Deux familles d'appareils sont distinguées : les appareils amovibles et les appareils fixes sur bague. Les modes évoluent avec les techniques. Il en existe de toutes sortes aujourd'hui. Peuvent-être cités comme appareillages fixes :



le Jasper Jumper, la Bielle de HERBST fixe sur bague. En appareillage amovible on peut citer : le 3 pièces de CHATEAU, le bielle de HERBST amovible sur base en résine et la bielle de TAVERNIER, l'hyperpropulseur de BASSIGNY...

Parmi les appareils amovibles, on décrira la bielle de HERBST sur gouttière. Elle fut réintroduite par PANCHERZ en 1979. D'après l'article de MacNAMARA et coll[31], le traitement d'interception avec bielle de HERBST nécessite parfois un traitement fixe au préalable pour décompenser les arcades dentaire dans les trois sens de l'espace afin de lever les verrous occlusaux. La correction peut s'effectuer conjointement à l'appareil amovible. Les gouttières peuvent-être collées dans les cas de non-coopération ou d'ajout d'auxiliaire.

Au maxillaire, on retrouve une gouttière partielle ou totale laissant libre les incisives. Des auxiliaires peuvent être ajoutés tel que des tubes pour une FEO, un disjoncteur, un arc transpalatin...

A la mandibule, une gouttière en résine est aussi retrouvée recouvrant toute l'arcade de vestibulaire en lingual. Un système de bras télescopiques latéraux relie les gouttières entre-elles. La propulsion initiale n'excède pas 4mm pour respecter l'environnement articulaire et musculaire et éviter les effets dento-alvéolaires. Elle s'active progressivement entre 2 et 3mm. L'utilisation d'une gouttière englobant les molaires permet de contrôler le sens vertical et réduit la vestibulo-version des incisives mandibulaires en les englobant.

Il semblerait que les gouttières augmenteraient l'ancrage, entraînant ainsi une prédominance des effets squelettiques sur les effets dento-alvéolaires. Au niveau squelettique, il existe une augmentation de la longueur mandibulaire. Et la position mandibulaire est plus antérieure. Le maxillaire semble avoir été freiné. Une augmentation de la hauteur verticale antérieure et postérieure est décrite aussi[12]. Au niveau dento-alvéolaire, l'arcade maxillaire subit un recul alors qu'à la mandibule on retrouve une dérive mésiale et une vestibulo-version des incisives mandibulaires[17].

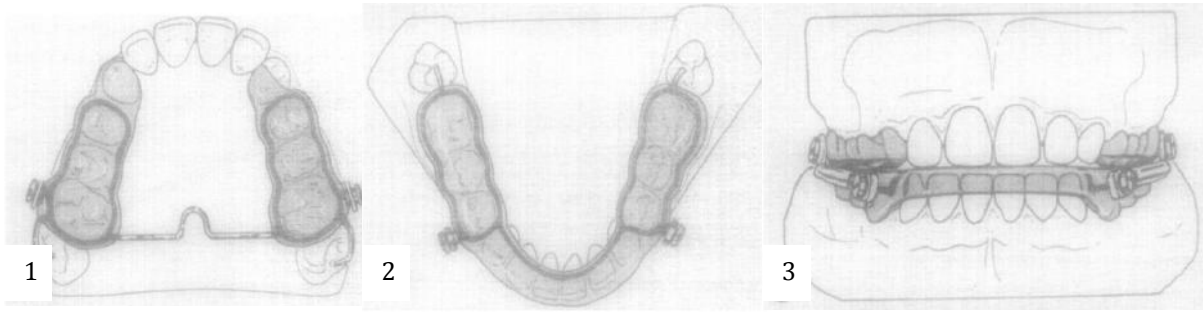


Figure 6 : La bielle de Herbst sur base résine, d'après Mc Namara et Howe[31].

D'autres appareils propulseurs à butée amovibles existent comme le Twin Block de Clark, la bielle centrale de TAVERNIER, le Propulseur Universel Light du Dr CALLABE faisant l'objet de notre étude.

#### 2.3.4 ACTIVATEURS SOUPLES

On retrouve l'Elasto-Osamu développé par GUGINO et OSAMU, l'éducateur fonctionnel proposé par ROLLET. Ils dérivent des gouttières de finitions du type tooth-positionner.



Figure 7 : Elasto-Osamu II avec un arc interne et un arc externe pour la FEO, d'après GUEZENNEC et coll.[23]

Les Elasto-Osamu sont formés par une gouttière bimaxillaire, élaborée à partir d'une maquette thérapeutique intégrant les objectifs de traitement orthopédique et /ou orthodontique. Sa construction nécessite des moulages montés sur un articulateur S.A.M. pour intégrer les référentiels occlusaux du patient et la mesure de l'amplitude de la propulsion mandibulaire. Elle est réalisée sur MPV (viateur de position mandibulaire) qui permet de quantifier la descente des condyles mandibulaires.

Le matériau de choix reste l'élastomère à mémoire de forme (polyvinyle silicone) avec trois degrés de dureté compatibles et juxtaposables faisant varier les possibilités élastiques dans les zones choisies.

Les Elasto-Osamu permettent l'expression et l'augmentation de la croissance mandibulaire, la modification de la forme d'arcade et l'alignement des dents. Un arc interne en fil métallique est introduit dans la gouttière. Il sert à l'expansion et un arc externe relié à un casque permet l'application d'une force extra-orale. L'indication de port de ce dispositif est de 10 à 12 heures par 24 heures.

L'Elasto-Osamu est indiqué chez les patients âgés de 7 à 14 ans ayant un potentiel de croissance favorable, dont la malocclusion peut être une classe II division 1, une classe I avec une biprotusion et une classe III non chirurgicale.



### **3 PROPULSEUR UNIVERSEL LIGHT**

---

Le Propulseur Universel Light (PUL) a été développé par le Dr E.CALLABE et le prothésiste M.MORRIN en 1997 et présenté en France en 2001.

Il se classe dans la famille des propulseurs à butée définie selon DUNGLAS et coll. [17].

Ce dispositif orthopédique et orthodontique doit induire une position de morsure mandibulaire plus antérieure guidée par une action mécanique. Le système d'ancrage est dentaire par l'intermédiaire d'une base en résine amovible englobant les dents des secteurs prémolaires et molaires.

Il bénéficie d'un système de propulsion miniaturisé, libre de mouvements en latéralité et dans le sens vertical. La physiologie de fonctionnement de l'ATM est ainsi respectée et sa légèreté optimise le port de l'appareil.



Figure 8 : Photo d'un Propulseur Universel Light, activé en propulsion par le laboratoire de prothèse, d'après le Dr CALLABE[8].

#### **3.1 DESCRIPTION DE L'APPAREIL**

Le système PUL regroupe plusieurs types d'appareils en fonction des avancées techniques et cliniques « le PUL 1 télescopique réglable, le PUL 2 télescopique réglable, le PUL 3 réglable pour les Cl III, et le PUL à système W de contention »[8].

Pour le traitement d'interception le patient reçoit une prescription de port de 22 heures par jours à retirer pendant les repas et les activités sportives. Il se porte

jusqu'à l'obtention de la classe I molaire puis en contention nocturne pendant 3 mois environ. Un suivi est assuré par la suite jusqu'à l'établissement de la denture adolescente. Un deuxième temps de traitement orthodontique sera entrepris si nécessaire.

### 3.1.1 MAXILLAIRE

Il comporte une gouttière en résine auto polymérisable ou chémo-polymérisable décollée pour ne pas recouvrir les faces occlusales des secteurs cuspidés. Des fils métalliques renforcent la résine en englobant les faces vestibulaires et palatines.

Des crochets boules peuvent être placés pour la rétention de l'appareil. Mais, chez les dolychofaciaux l'absence de crochets fait partie intégrante de la rééducation fonctionnelle. Le PUL ne tenant que par la friction des gouttières, cela demande au patient un maintien par appui lingual (sur la partie palatine) et par fermeture buccale (contraction des masséters).



Figure 9 : Photo d'un PUL avec vérin médian, d'après le Dr CALLABE[8].

Au niveau des parties vestibulaires et postérieures de la gouttière maxillaire, on retrouve le système breveté de crochets à articulation 3D diminuant les contraintes exercées sur l'ATM et le tube qui recevra le piston mandibulaire.

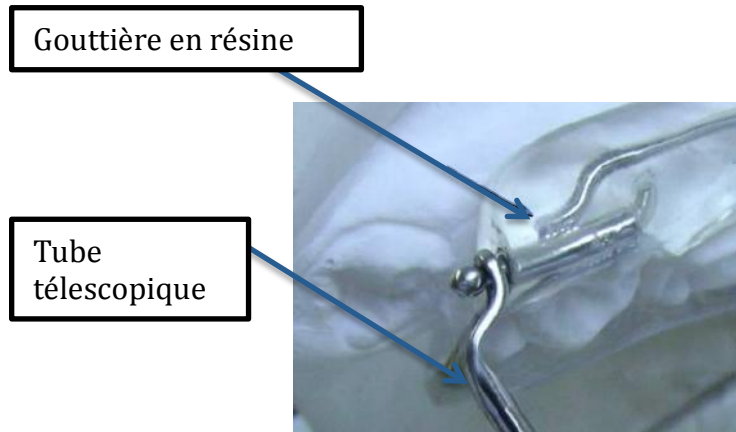


Figure 10 : Système d'articulation libre entre la gouttière et le tube télescopique, d'après le Dr CALLABE[8].

Sur cette unité, on peut ajouter en palatin selon la correction recherchée :

- un vérin médian. La résine palatine sera décollée de manière à ne pas bloquer la correction palatine des incisives et à libérer la papille rétro-incisive.
- des boucles de Coffin en TMA ;
- un ressort de Schwartz au niveau palatin.

En vestibulaire, on peut y ajouter :

- un bandeau élastique,
- un bandeau vestibulaire ;
- un appareillage multi attache d'alignement incisif.

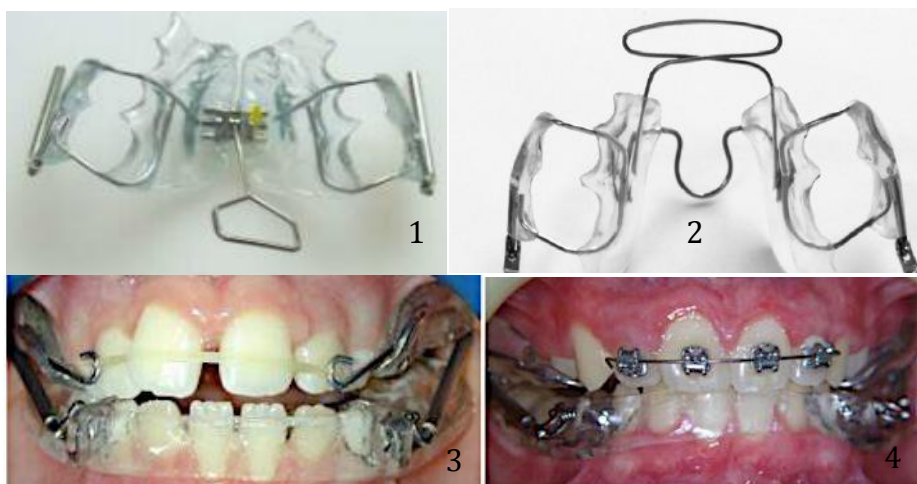


Figure 11 : Photo 1, vérin médian; photo 2, boucle de Coffin et ressort de Schwartz; photo 3, élastique antérieur vestibulaire et photo 4, multi-attache incisif et PUL[8], d'après le Dr CALLABE[8].

### 3.1.2 MANDIBULE

Elle se compose aussi d'une gouttière en résine de même nature qu'au maxillaire mais elle ne recouvre pas les faces occlusales.

Au niveau des secteurs latéraux et en vestibulaire on retrouve le système recevant le piston ainsi que le ressort et les crochets boules.

En antérieur selon la correction à apporter on peut fixer : un vérin médian d'expansion mandibulaire (photo1), un bandeau en résine décollété en lingual pour une correction de l'axe incisif (photo2) un fil métallique (Photo 3) pour une correction active des incisives mandibulaires ou encore une gouttière en résine englobant la couronne des incisives.



Figure 12 : Photo 1, vérin médian mandibulaire, photo 2, bandeau en resine vestibulaire incisif, photo 3 Fil métallique vestibulaire incisif, d'après le Dr CALLABE[8].

### 3.1.3 SYSTEME DE PROPULSION

Le système de propulsion se compose du tube maxillaire et du piston mandibulaire ainsi que d'un ressort amortisseur pour les ATMs. L'augmentation de la propulsion se fait par dévissage au niveau des tubes télescopiques.

Cet appareil bénéficie d'une soudure au laser permettant d'alléger le système tout en restant suffisamment rigide pour résister aux forces intra-buccales.



Figure 13 : Système de propulsion latéral du PUL, d'après le Dr CALLABE [8].



## 3.2 PRINCIPES

Le principe général de fonctionnement d'un propulseur est d'avancer la mandibule pour activer la croissance condylienne.

Dans la règle du tripode de Degroote, si l'on veut augmenter cette croissance condylienne, il est nécessaire de :

- créer des contacts molaires ;
- créer une dépression intra-capsulaire au niveau de l'ATM ;
- libérer les possibilités de propulsion et de latéralité mandibulaire.

Afin de réaliser une propulsion mandibulaire libre, il faut d'après Mac Namara et coll.[31] décompenser occlusalement le sens transversal, antéro-postérieur et vertical. Cette précaution est toujours effective pour le PUL.

La réalisation du PUL demande dans un premier temps un jeu d'empreinte avec une cire d'occlusion en relation centrée. L'ensemble est transmis au laboratoire de prothèse qui construit le PUL en propulsion active de 2mm par rapport à la relation centrée. Par la suite, si cette propulsion n'est pas assez active cliniquement, le praticien peut l'augmenter à l'aide d'un ressort cylindro-conique ou d'un pas de vis selon le type de PUL utilisé.

En effet sur le PUL1, la propulsion s'active par l'ajout de ressorts cylindro-coniques dans les tubes latéraux maxillaire. A savoir qu'un ressort mesure 4mm. En général, il est coupé en deux pour activer la propulsion de seulement 2mm. Alors que pour le PUL2, l'activation de la propulsion se fait par un tour de vis au niveau des tubes latéraux (1 tour = 2mm).

Lors des visites toutes les 6 à 8 semaines, l'orthodontiste augmente de 2mm la propulsion, si nécessaire, jusqu'à l'obtention d'une classe I molaire.

### **3.2.1 EFFETS RECHERCHES PAR LE PUL**

- avancée mandibulaire ;
- recul ou freinage de la croissance maxillaire;
- solliciter et/ou modifier la direction de croissance condylienne ;
- agrandir la boîte à langue ;
- prévenir le SAOS ;
- libérer les contraintes musculaires freinant la croissance mandibulaire ;
- modifier la forme mandibulaire.

Cet appareil n'est pas prescrit uniquement aux patients en traitement d'interception mais à tout âge. Lorsque le patient ne porte pas ses élastiques inter-maxillaires, le PUL peut s'associer au multi-attache pour corriger la classe II d'angle persistante, ou encore à l'âge adulte pour la correction d'un SAOS par une orthèse d'avancée mandibulaire. Les effets recherchés sont alors uniquement dento-alvéolaires.

### **3.2.2 PRINCIPE D'ACTION DU PUL SELON LES TYPOLOGIES FACIALES**

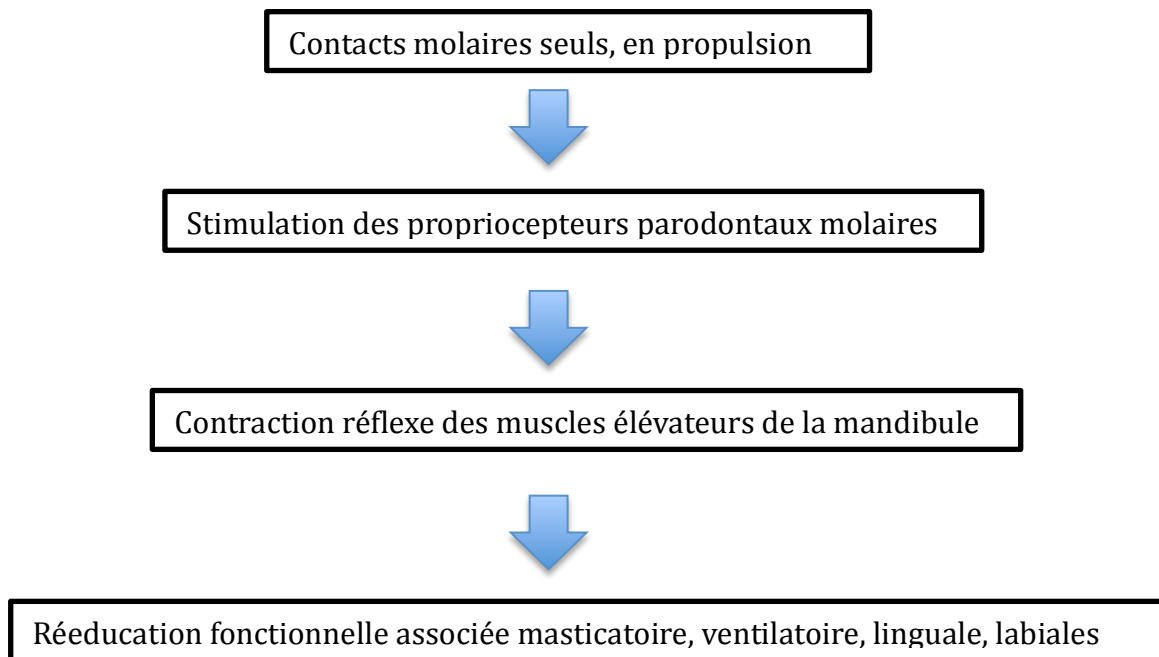
#### **Schéma de croissance dolychofacial :**

Les jeunes patients avec un schéma de croissance dolychofaciale présentent bien souvent une multi-déficience fonctionnelle d'origine ventilatoire, linguale, labiale et/ou masticatoire. L'objectif de ce propulseur sera de corriger cet environnement dysfonctionnel :

- en favorisant le contact bi-labial ;
- en augmentant l'espace rétro-pharyngé ;
- en incitant le patient à rester bouche fermée pour maintenir l'appareil.

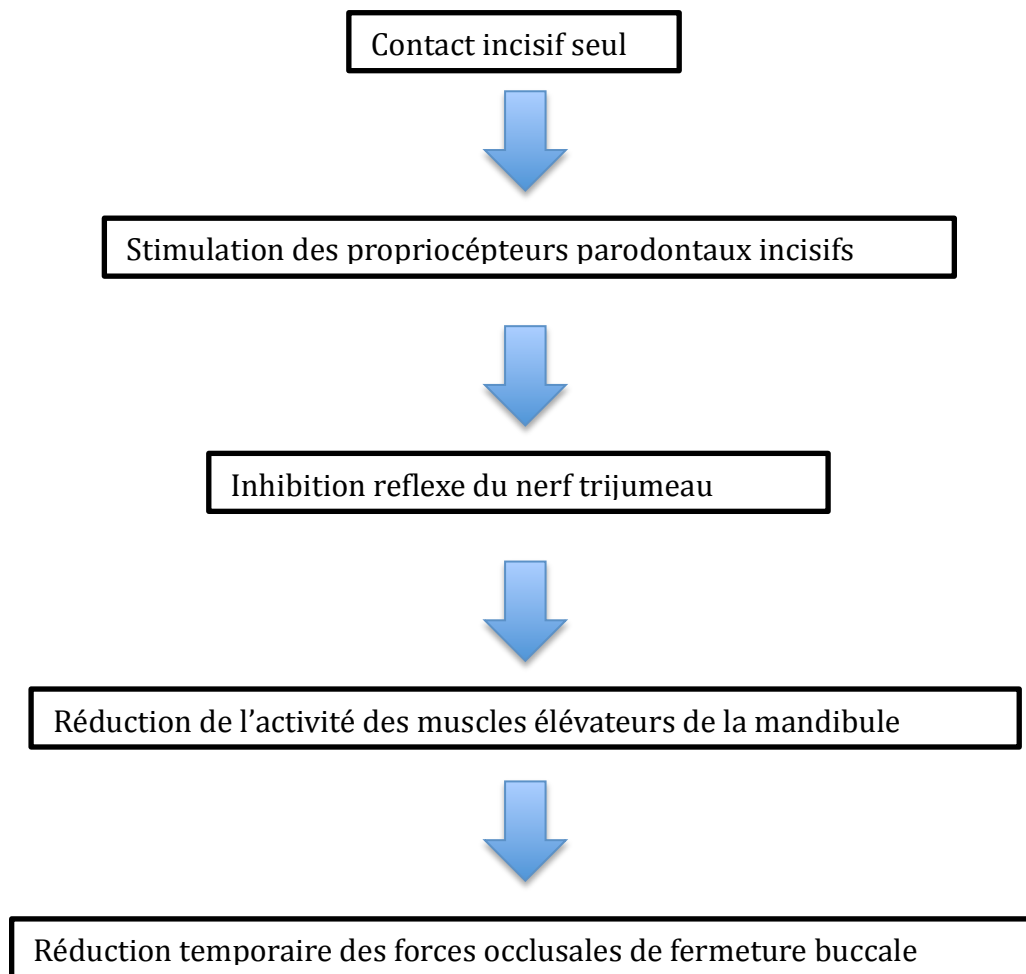
On pourra observer une amélioration de la ventilation nasale diurne et nocturne ; l'appareil participera alors aussi à la prévention de l'apnée du sommeil.

Avec la propulsion induite de l'appareil, on peut retrouver seulement un contact molaire. Le principe du PUL, d'après Dr CALLABE suit ce schéma thérapeutique :



### **Schéma de croissance mésofacial ou brachyfacial :**

Chez les patients pré-adolescent et/ou adolescent avec un schéma de croissance méso ou brachyfacial, la propulsion mandibulaire s'accompagne d'une désocclusion postérieure. Le principe du PUL d'après Dr CALLABE suit ce schéma thérapeutique :



Ainsi, les seules forces actives sont celles du PUL. La propulsion concourt à l'égression naturelle des molaires, à la réduction de la supraclusion et à la correction de la Classe II.

### **3.3 INTERETS DU PUL**

#### **3.3.1 AVANTAGES**

Les avantages décrits par le constructeur sont les suivants :

- confortable, car peu encombrant ;
- physiologique, par une propulsion souple. En effet, la liberté des mouvements en 3D que peut opérer le patient contraint moins l'ATM.
- port diurne et nocturne, car il gêne peu l'élocution et reste esthétique ;
- s'adapte à toutes les typologies de classe II squelettique, notamment le schéma dolychofacial ;
- corrige un déficit transversal maxillaire mais aussi mandibulaire ;
- le décolletage occlusal des gouttières sert à la fois de guide d'éruption et de maintien du Lee Way lors de la perte des dents déciduales pendant le traitement ;
- maintient du sens vertical ;
- rééducation de la fonction ventilatoire ;
- rééducation linguale et labiale.

#### **3.3.2 INCONVENIENTS**

Le PUL rapporte certains inconvénients :

- recul des incisives maxillaires ;
- version vestibulaire des incisives mandibulaire ;
- absence de correction des asymétries de position d'arcade ;
- verrouillage précoce de la propulsion par des versions vestibulaires indésirables sur les incisives ;
- la mauvaise coopération des patients sur un dispositif amovible réduit son efficacité.

### **3.4 DEROULEMENT DES SEQUENCES DE TRAITEMENT AVEC PUL**

Le déroulement du traitement suit généralement 4 phases principales :

1. la correction des parafonctions ;
2. l'harmonisation 4D des maxillaires avec la correction du sens transversal, vertical et sagittal ainsi que les fonctions ;
3. la phase d'alignement et de nivellement des arcades par un multi attache ;
4. la stabilisation par une contention.

Le concepteur propose de porter un PUL système W en contention après débague pour optimiser l'intercuspidation.

Lors de la mise en place d'un PUL vont se suivre plusieurs étapes qui sont résumées dans le tableau ci-dessous :

## PHASES de TRAITEMENT D'UNE CL II,1 avec P.U.L

Pose de l'appareil complet, propulsion activée par le laboratoire de 2mm, motivation du patient.

15 jours

Vérification du port et motivation.

6 semaines

Ajout d'un ressort cylindro-conique (2mm) dans le tube maxillaire pour augmenter la propulsion.

Contrôle toutes les 6/8 semaines

Changement du ressort (à 6 mois) et augmentation de la propulsion si la Cl I molaire n'est pas obtenue.

Contrôle toutes les 6/8 semaines

Obtention de la Cl I molaire

Contention PUL 3/6 mois, la nuit

*Suivi*

Fin de la propulsion

*En denture adolescente*

Multi-attaches (phase d'orthodontie)

2<sup>ème</sup> phase si nécessaire

CONTENTION PUL W

### 3.5 A PROPOS D'UN CAS

Voici le cas d'une patiente née le 16 décembre 2002. Elle présente une classe II division 1, traitée par une phase d'interception, à l'âge de 9 ans avec un propulseur universel light par le Docteur I.Fejes Raluy. Le temps de traitement a été de 13 mois. Son traitement a débuté 9 mois après les examens radiologiques.

#### *3.5.1.1 Eléments du dossier au début du traitement*



Figure 14 : Photos exobuccales au début du traitement (courtoisie Dr FEJES RALUY).





Figure 15 : Photos endobuccales au début du traitement (courtoisie Dr FEJES RALUY).

A l'examen endobuccal, la patiente est en phase de constitution de la denture mixte.

Dans le sens transversal, on observe un déficit du sens transversal au niveau des secteurs cuspidés. L'occlusion est légèrement inversée du côté gauche et du côté droit elle est en bout à bout. Les milieux inter-incisifs sont alignés.

Dans le sens vertical, on identifie une insuffisance de recouvrement antérieur.

Dans le sens antéro-postérieur, une relation de classe II D'Angle de  $\frac{3}{4}$  à droite et complète à gauche est visible au niveau canin et molaire associée à un surplomb augmenté.

On note un léger encombrement incisif à la mandibule et un retard d'éruption de la 22.



Figure 16 : Cliché panoramique du début de traitement en 2010, (courtoisie Dr FEJES RALUY).

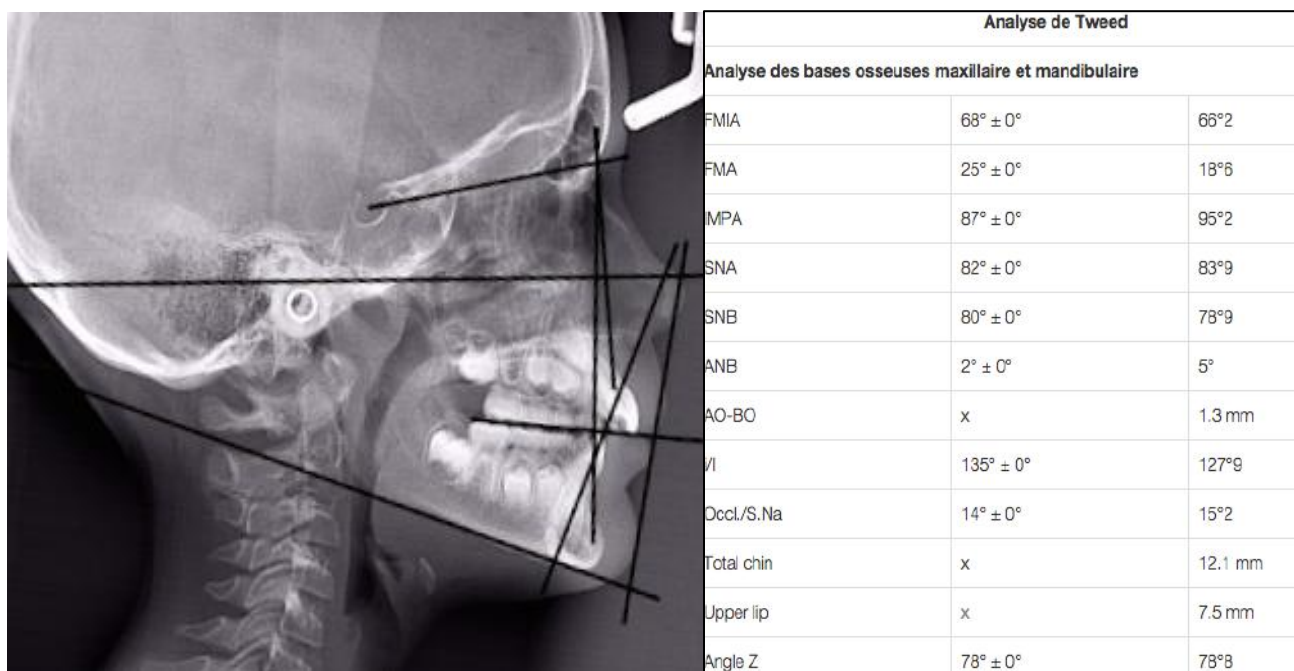


Figure 17 : Téléradiographie de Profil et tracé selon l'analyse de TWEED du début de traitement au 08/02/2011 (courtoisie Dr FEJES RALUY).

La patiente est en classe II squelettique non confirmée par AoBo, sur un schéma facial hypodivergent. L'incisive mandibulaire est vestibulo-versée.

### 3.5.1.2 *Eléments du dossier de fin de traitement d'interception*

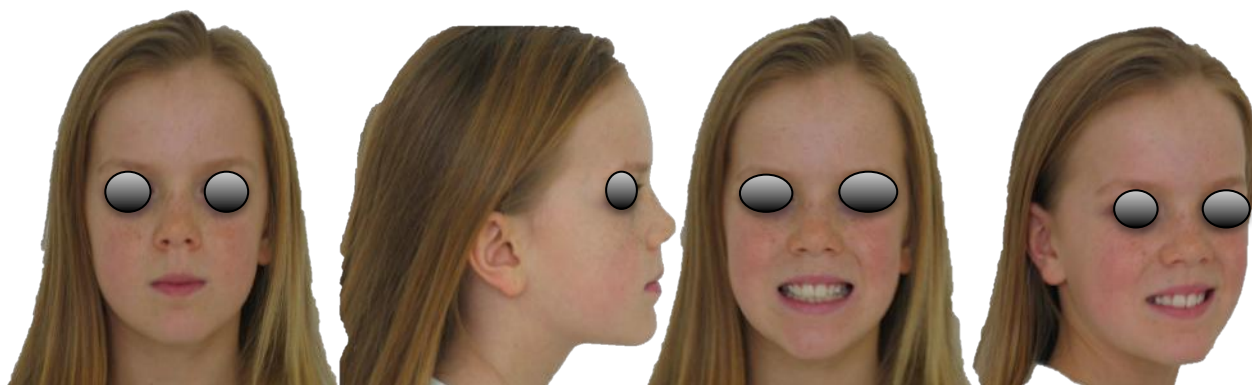


Figure 18 : Photos exo buccales de fin d'interception (courtoisie Dr FEJES RALUY).



Figure 19 : Photos endo buccales de fin d'interception (courtoisie Dr FEJES RALUY).

A la fin du traitement d'interception, la patiente est en phase de constitution de la denture adolescente. On remarque la correction en classe I d'Angle molaire et canine avec une conservation de l'alignement des milieux inter-incisif. On retrouve une amélioration du surplomb et du recouvrement incisif. En revanche, un léger déficit du sens transversal est toujours perceptible coté gauche au niveau des prémolaires et des molaires.



Figure 20 : Cliché panoramique de fin d'interception le 19/12/2012 (courtoisie Dr FEJES RALUY).

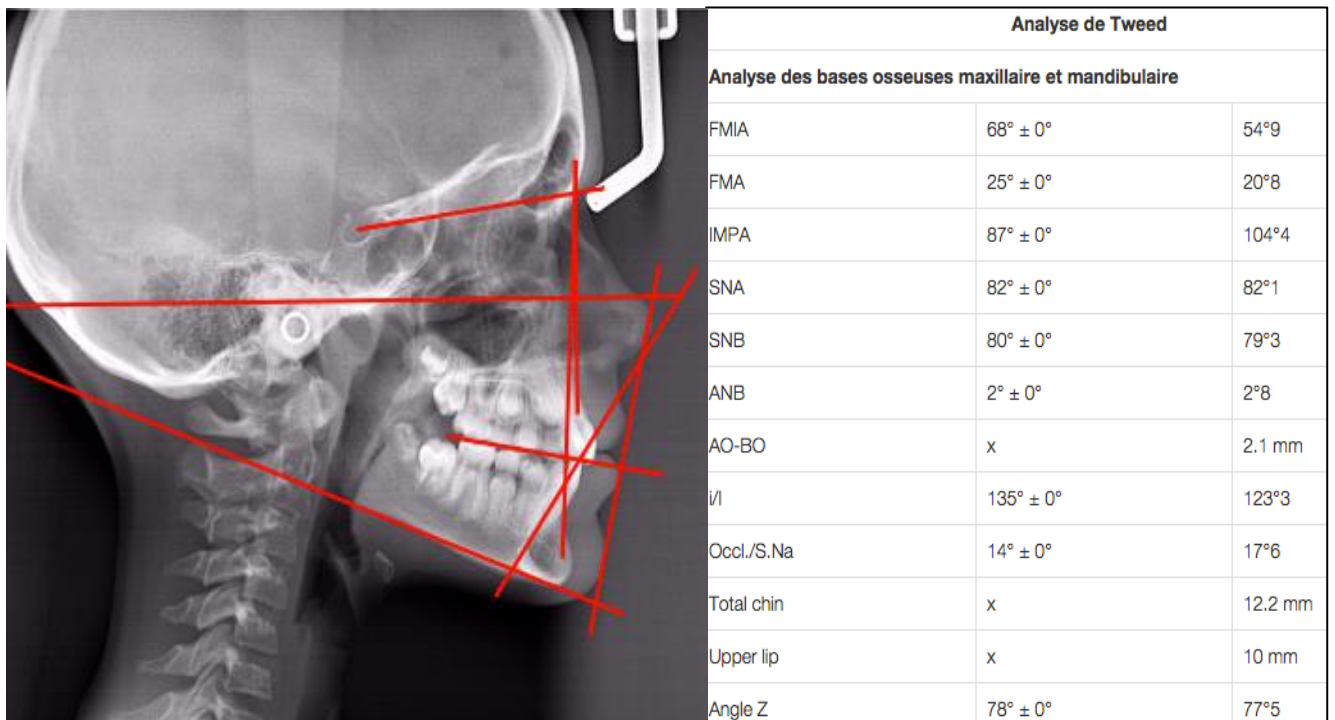
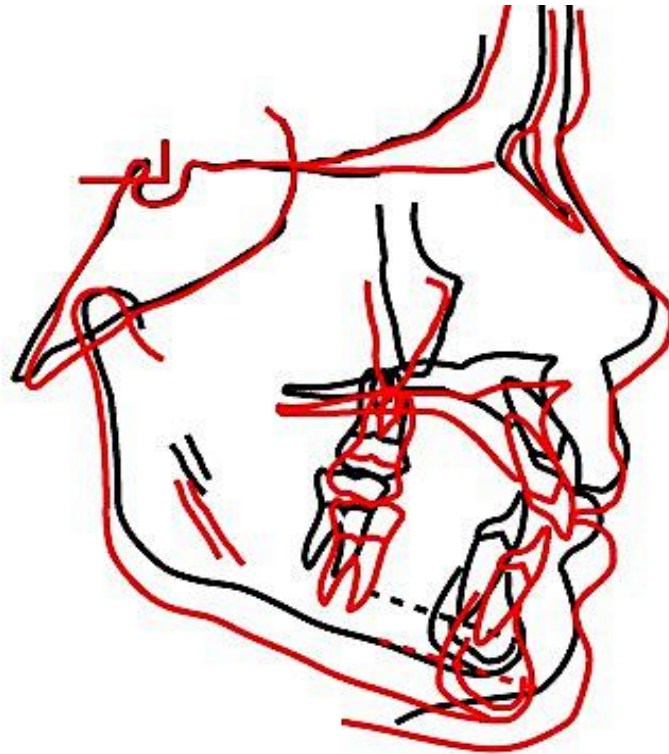
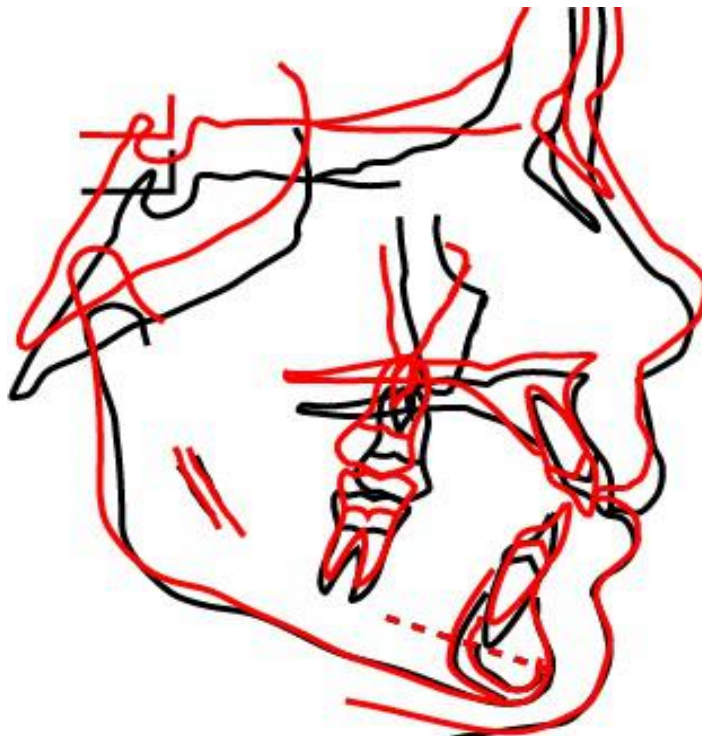


Figure 21 : Téléradiographie de profil et tracé selon l'analyse de TWEED du 19/12/2012 (courtoisie Dr FEJES RALUY)..

On retrouve une amélioration du schéma facial avec une augmentation de l'angle FMA. La classe II squelettique se corrige par une diminution de l'angle SNA et une augmentation de l'angle SNB. Le plan d'occlusion s'est ouvert et l'incisive mandibulaire s'est versée en vestibulaire.



Superposition structurale générale



Superposition locale mandibulaire

Figure 22 : Superpositions structurales du cas étudié, selon la méthode L.D.V, élaborée avec le logiciel Céphalométries®.



## **4 MATERIEL ET METHODE**

---

### **4.1 ETUDE**

L'objectif de cette étude est de montrer les effets dento-alvéolaires et squelettiques du Propulseur Universel Light en phase d'interception. Pour cela on a utilisé l'analyse de TWEED et la mesure de la proportion contrebalançante mandibulaire à partir des superpositions structurales locales mandibulaires.

La proportion contrebalançante mandibulaire se définit comme le pourcentage de la croissance du condyle qui participe à l'allongement de la diagonale « Condylion/Articulare - Pogonion »[28].

#### **4.1.1 METHODE**

L'étude est descriptive et rétrospective, réalisée sur un échantillon global de 31 patients en Classe II division 1 d'Angle (noté par la suite : cl II,1) et en Classe II squelettique.

Les effets squelettiques et dento-alvéolaires du PUL seront comparés à un groupe témoin en Cl II,1 non traités. L'analyse s'effectue à partir de téléradiographies de profil. L'échantillon étudié est réparti en deux groupes :

- groupe traité : un groupe d'étude de 15 patients en Cl II,1 traités par PUL ;
- groupe contrôle : un groupe témoin de 16 patients en Cl II,1 non traités .

Le début de traitement sera noté T0 et la fin de traitement d'interception sera notée T1. L'analyse de Tweed et les superpositions structurales locales mandibulaires ont été réalisées dans chaque groupe à partir des téléradiographies à T0 et à T1. On en déduira si la croissance mandibulaire est augmentée dans le groupe traité par PUL par rapport au groupe non traité.

Au total, 9 variables sont mesurées dont 8 valeurs angulaires (FMIA, FMA, IMPA, SNA, SNB, ANB, Angle inter-incisif, angulation du plan d'occlusion), 1 variable linéaire (AoBo) et la mesure de la proportion contrebalancante faisant intervenir 3 variables linéaires : la distance « Articulare – Pogonion » à T0 et T1 et la distance sur entre les points « Articulare » entre T0 et T1 pour chaque tracé.

**Hypothèse de départ (H0, H1) :**

L'hypothèse de départ H0 est que :

« Les patients traités par PUL présentent une réponse favorable à la correction de la cl II squelettique et la cl II,1 dentaire en comparaison aux patients non traités».

Et l'hypothèse alternative est :

« Il n'y pas de différence significative entre les patients traités par PUL et les patients non traités ».

#### **4.1.2 POPULATION**

Les patients traités par un PUL viennent de deux cabinets privés d'orthodontie. Au total, 3 patients sont issus du cabinet du Dr PRIEUR à Romilly-sur-Seine et 12 patients du Dr FEJES-RALUY à Tournan en Brie. Concernant le groupe témoin, ils s'agit de 16 patients en cl II,1 suivis par le Pr LAUTROU.

L'échantillon se compose de 31 patients soit 16 garçons et 15 filles. Pour le groupe traité, on dénombre 8 garçons et 7 filles et pour le groupe témoins 8 garçons et 8 filles.

L'âge moyen de l'échantillon total est 10,4 ans. Pour la population d'étude, l'âge moyen est de 10,3 ans et pour le groupe témoin il est de 10,5 ans.

La durée moyenne entre les radiographies à T0 et à T1 est de 547 jours pour le groupe témoin et de 439 jours pour le groupe traité.



#### 4.1.2.1 Le degré de sévérité de la classe II dentaire

Le degré de sévérité de la classe II dentaire est évalué sur les téléradiographies de profil. La classification suit celle proposée par JANSON [25].

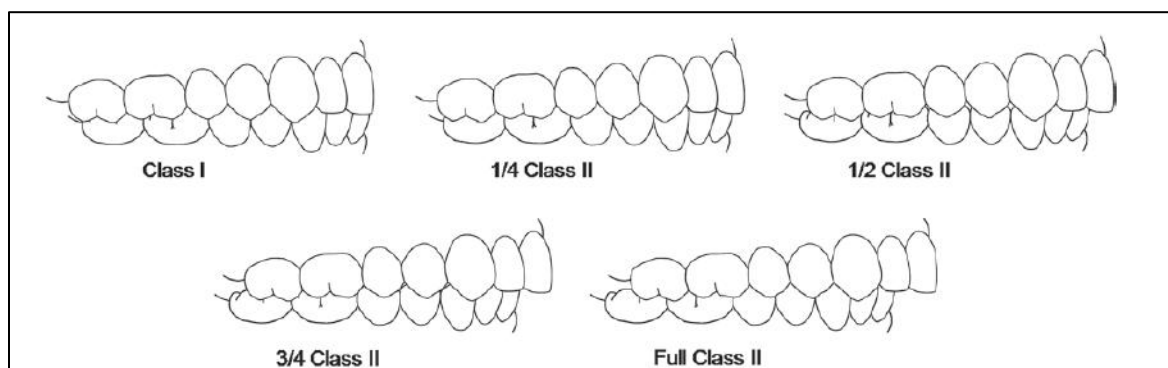


Figure 23 : Les différents degrés de sévérité de la classe II molaire, d'après JANSON[25].

On obtient dans le tableau ci-dessous, la répartition de la population globale :

Sévérité de la classe II	¼ class II	½ Class II	¾ Class II	Totale Class II
Groupe Témoin	1 patients	6 patients	5 patients	4 patients
Groupe traité	2 patients	4 patients	4 patients	5 patients
<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>9</b>
<b>Total %</b>	<b>9,75%</b>	<b>32,25%</b>	<b>29%</b>	<b>29%</b>

Figure 24 : Répartition de la population en fonction de la sévérité de la classe II.

#### 4.1.2.2 Le stade de maturité cervical

Le stade de maturité cervical est aussi évalué. Il s'analyse sur les téléradiographies de profil de la deuxième à la quatrième vertèbre cervicale. Leur modification d'anatomie au cours de la croissance, nous permet de détecter le pic de croissance mandibulaire. Les étapes pré-pic sont CS1 et CS2. Entre CS3 et CS4 se produit le maximum de la croissance mandibulaire. Et le stade CS6 s'enregistre deux ans après le pic de croissance mandibulaire.

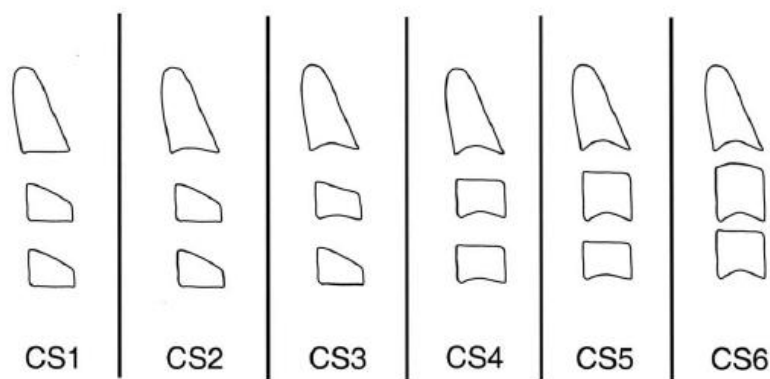


Figure 25 : Classification du stade de maturité cervical d'après BACETTI et coll[3].

D'après la classification de BACETTI et coll.[3], nous obtenons la répartition suivante dans le groupe traités :

Stade de maturité cervical	CS1	CS2	CS3	CS4
Groupe traités	6 patients	5 patients	3 patients	1 patients

Figure 26 : Répartition du groupe traité en fonction du stade de maturité cervical.

Nous observons donc que pour 93% des patients traités le dispositif a été placé au début du traitement avant ou au moment du stade optimal CS3.

#### 4.1.3 CRITERES D'INCLUSIONS ET D'EXCLUSIONS

La sélection de nos patients s'est limitée aux critères suivants :

- malocclusion de CI II,1 ;
- sujets présentant un potentiel de croissance résiduel ;
- tous schémas de croissance faciale confondus ;
- traitement d'interception uniquement ;
- patient en Classe II squelettique avec un ANB supérieur strictement à 4° ;
- patient en Classe II molaire de sévérité variable;
- téléradiographies de profil incluant une échelle graduée permettant de reproduire et de comparer les mesures.

Nous n'avons pas inclus dans l'étude les sujets présentant les éléments suivants :

- patients non coopérants avec une classe II molaire persistante après le port du PUL ;
- ANB inférieur à 4° ;
- mauvaise visibilité des structures anatomiques ne permettant pas les mesures sur les téléradiographies de profil ;
- PUL utilisé en deuxième temps de traitement orthodontique
- traitement par un autre activateur avant l'utilisation du PUL.

#### **4.1.4 LOGICIELS ET MESURES**

Les mesures céphalométriques suivant l'analyse de TWEED ont été réalisées à l'aide du logiciel Céphalométrie<sup>®</sup> version 2014, pour le groupe témoin et le groupe d'étude. Il s'agit d'un logiciel de céphalométrie en ligne permettant de réaliser des analyses céphalométriques et des superpositions structurales.

Les radiographies sont étalonnées à la même échelle (1:1) à partir d'une échelle présente sur les téléradiographies. Les radiographies étudiées sont ainsi comparables entre elles et entre les différents temps de traitement.

Pour le vérifier, nous avons procédé à l'impression papier des radiographies au même grandissement entre T0 et T1 et nous avons vérifié avec un double décimètre gradué en millimètre que l'échelle sur les radiographies était identique entre T0 et T1. Sur 3 radiographies, une distorsion était visible par mauvaise calibration de la machine radiographique. Nous avons donc reporté ce défaut dans l'outil d'étalonnage de Céphalométrie<sup>®</sup>. Les radiographies étaient donc toutes comparables entre T0 et T1. Puis, des superpositions structurales suivant la méthode L.D.V sont effectuées entre T0 et T1 afin d'apprécier la croissance du condyle au cours du traitement[28].

La principale difficulté réside dans la visibilité des structures osseuses radiographiques. Un paramètre de réglage des contrastes et de la luminosité améliore les données radiologiques mais n'évite pas les erreurs d'interprétations et de positionnement des points. D'autre part, la position de la tête du patient dans le

céphalostat et la position du rachis cervical ne sont pas toujours reproductibles entre T0 et T1. Cela donne lieu à des dédoublements de structures. L'unique opérateur des mesures a ainsi veillé à dessiner les mêmes structures entre T0 et T1.

Dans un premier temps, nous traçons les différents points de l'analyse de TWEED répertoriés dans le schéma ci-dessous :

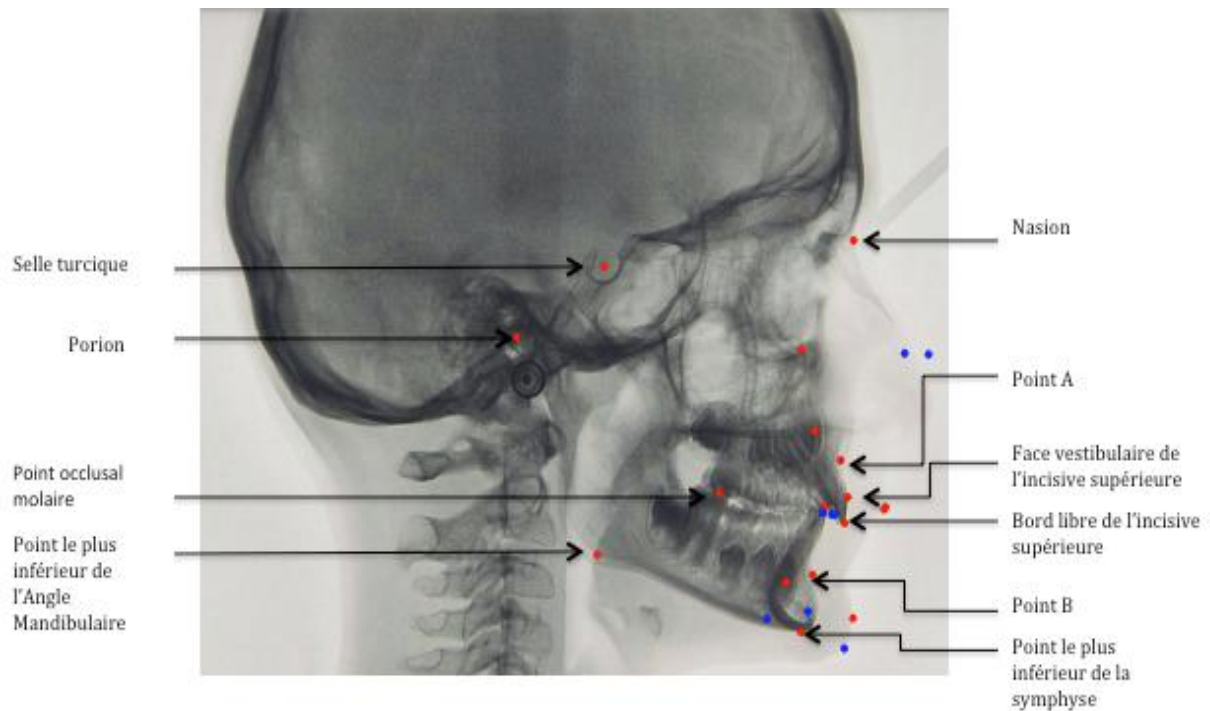


Figure 27 : Points céphalométriques de l'analyse de Tweed proposés par Céphalométrics®.

A partir de ces points nous obtenons ainsi un tracé céphalométrique et les différentes valeurs de l'analyse de TWEED correspondantes :

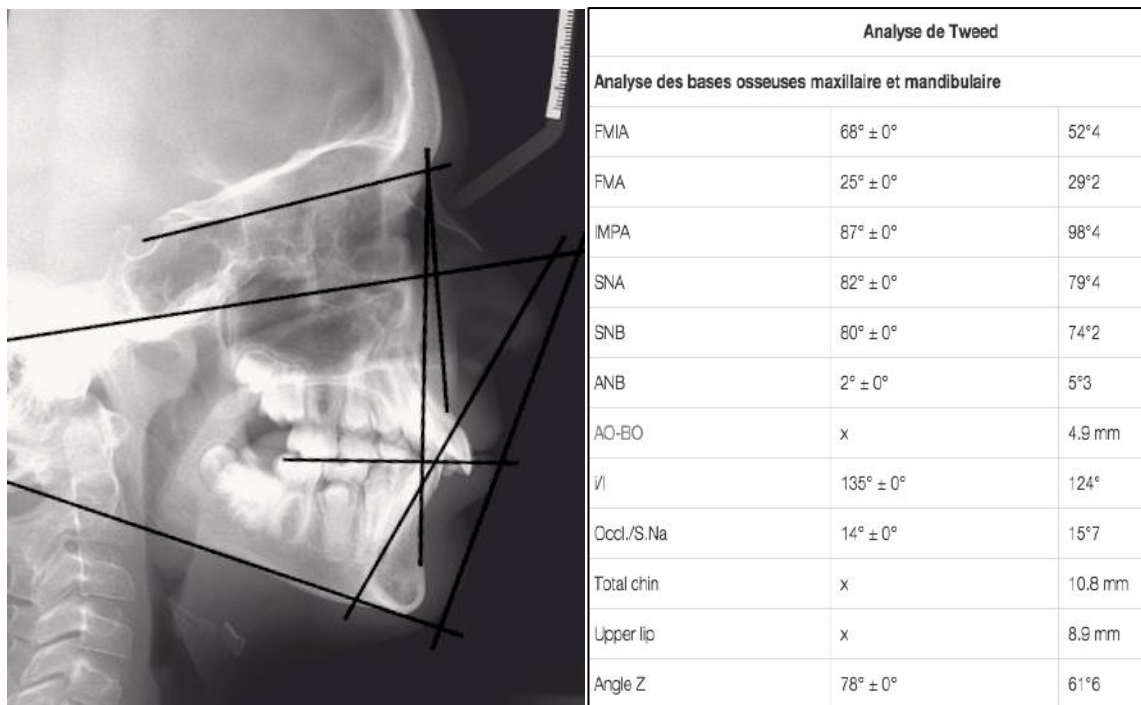


Figure 28 : Exemple de tracé céphalométrique obtenu à T0, d'un patient du groupe traité, avec les valeurs correspondantes à partir de Céphalometrics®.

Lorsque les tracés céphalométriques à T0 et à T1 sont obtenus, le logiciel propose de tracer les structures qui serviront par la suite aux superpositions. Voici les différents éléments suivant un code couleur qu'il nous est proposé de dessiner:

- les tissus mous ;
- la base du crâne ;
- les structures maxillaires ;
- les structures mandibulaires
- les dents (la modification de la taille et de l'angulation des dents est possible pour s'adapter précisément à la radiographie)

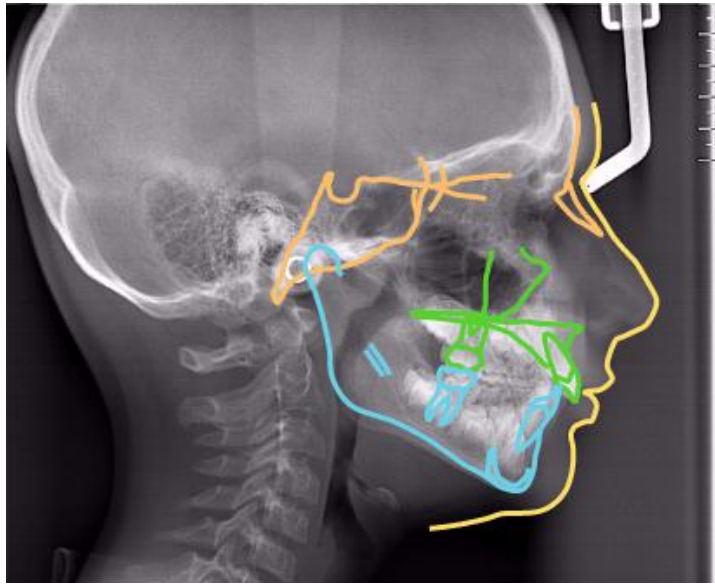


Figure 29 : Exemple de tracé des structures anatomiques d'un patient du groupe traité, à partir de Céphalométries®.

Par la suite les tracés anatomiques effectués à T0 et à T1, seront utilisés par l'outil de superposition.

Les deux tracés se superposent et l'opérateur devra maintenant les faire correspondre de manière à superposer les structures stables.

Pour la superposition générale, il s'agira de faire correspondre les structures stables qui sont : la partie antérieure de la selle turcique, la table interne du frontal, la lame criblée de l'éthmoïde, la grande aile du sphénoïde

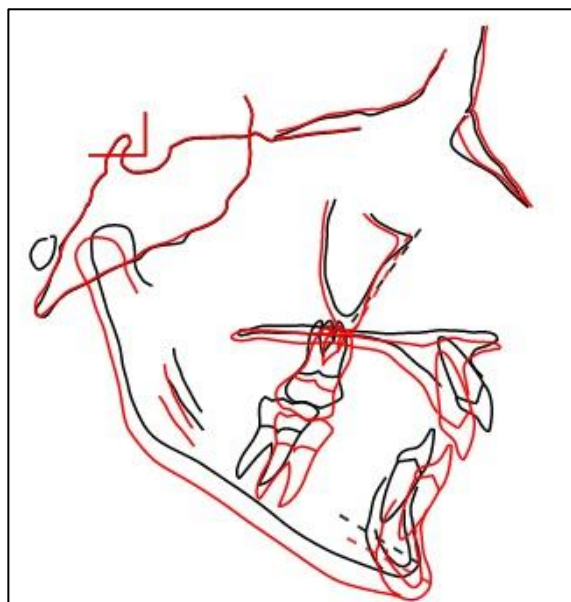


Figure 30 : Exemple de superposition des structures stables pour la superposition générale, à partir de Céphalométries®.

Pour la superposition maxillaire, on superposera la partie antérieure du Key-ridge, qui correspond à la projection radiographique du contour antérieur du processus zygomatique du maxillaire.

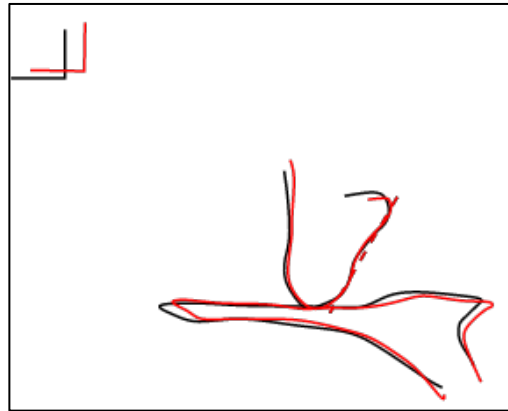


Figure 31 : Exemple de superposition des structures stables maxillaire pour la superposition maxillaire, à partir de Céphalométries®.

Pour la superposition mandibulaire, la superposition se fait sur le contour interne de la corticale symphysaire, le canal mandibulaire et d'éventuelles calcifications visibles appartenant au corps mandibulaire.

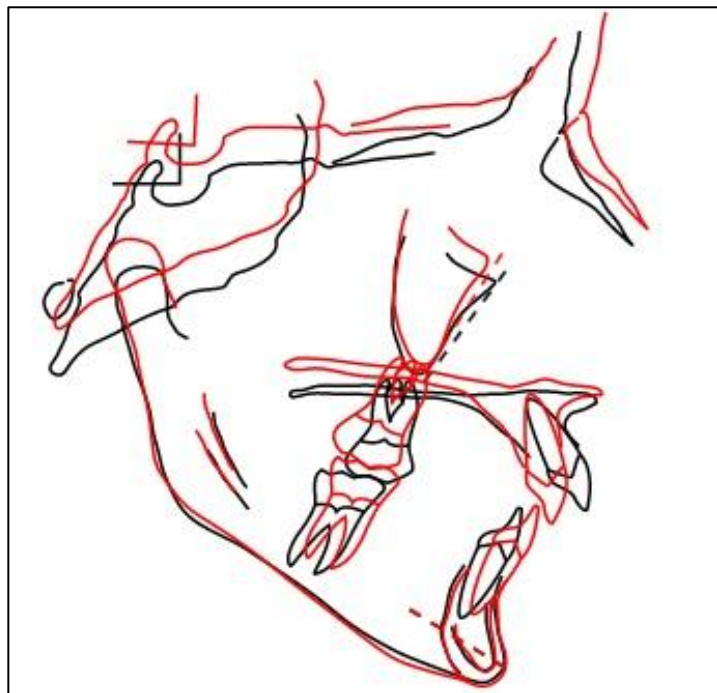


Figure 32 : Exemple de superposition des structures stables mandibulaires pour la superposition mandibulaire, à partir de Céphalométries®.

A partir de la superposition locale mandibulaire, on réalise la mesure de la proportion contrebalançante mandibulaire. Elle suit la formule suivante proposé dans l'article de LAUTROU et coll.[28]:

$$\frac{\text{Allongement de la diagonale (Ar-Pog)-(Ar'-Pog)}}{\text{Croissance condylienne (Ar'-Ar)}} * 100 = \text{PC\%}$$

La mesure de la proportion contrebalançante nécessite des mesures linéaires qui ont été faite à partir de l'impression papier des superpositions structurales effectuées sur céphalométrics.

Les images des superpositions structurales mandibulaires obtenues par le logiciel Céphalométrics ont été enregistrées au format 1 :1 pour être ensuite exportées sous forme JPEG et imprimées en version papier. La mesure des trois variables linéaires de la proportion contrebalancante mandibulaire a été effectuée avec un double décimètre et un crayon de bois :

- La diagonale Articulare-Pogonion à T0 noté Ar-Pog et à T1 notée Ar'-Pog ;
- La distance entre les deux points Articulare au début et à la fin du traitement d'interception (Ar-Ar').

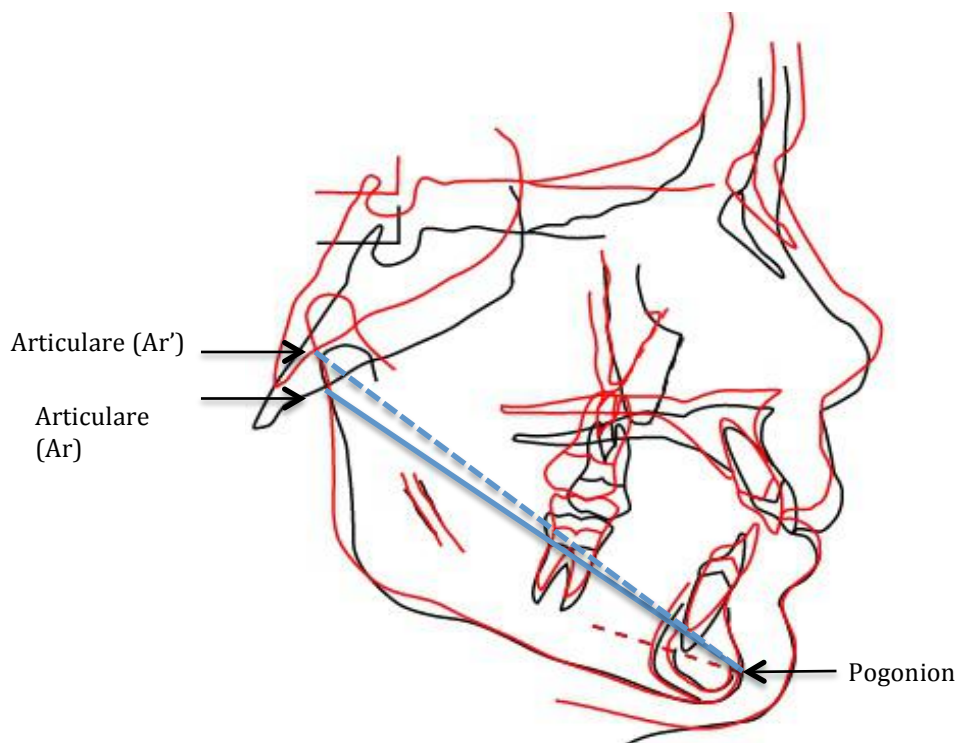


Figure 33 : exemple de tracé des ligne Ar-Pog et Ar'-Pog pour la mesure de la proportion contrebalançante mandibulaire.



## **4.2 ETUDE STATISTIQUE**

Nous avons choisi de réaliser le test « t » de Student qui demande certains prérequis avant d'être réalisé.

Dans un premier temps, nous cherchons à savoir si les valeurs obtenues du groupe traité et du groupe contrôle suivent une loi normale avec le test de Shapiro et Wilk.

Dans un deuxième temps, il faut vérifier que les variances étudiées dans chaque groupe sont homogènes, avec le test de Fisher Snedecor.

Cela nous permettra par la suite de réaliser le test « t » de Student qui est un test paramétrique de comparaison de valeurs.

On réalise ces différents tests sur le groupe contrôle et le groupe traité. Entre T0 et T1 pour voir si les évolutions sont significatives. Puis à T0, pour voir si les deux groupes sont comparables. Et à T1 pour voir les différences significatives entre les deux groupes.

### **4.2.1 TEST DE NORMALITE DE SHAPIRO ET WILK**

Pour savoir si l'échantillon suit une loi normale, on effectue le Test de normalité de Shapiro et Wilk. Il est effectif pour un échantillon inférieur à 30 cas.

Nous obtenons les résultats suivants :

- **Pour le groupe traités**, la répartition des valeurs des angles FMIA, FMA, IMPA, SNA, SNB, ANB, AoBo, Angle inter-incisif et le plan d'occlusion, à T0 et à T1, suit une loi Normale à 95% sauf pour les valeurs de l'IMPA et de l'ANB, à T0. Nous ne pourrions donc pas réaliser le test de Student sur ces deux variables. Mais le test de Wilcoxon.
- **Pour le groupe contrôle**, les valeurs de FMIA, FMA, IMPA, SNA, SNB, ANB, AoBo, Angle inter-incisif et le plan d'occlusion à T0 et à T1 suivent une loi Normale à 95%.

#### **4.2.2 TEST DE WILCOXON**

Il est réalisé pour les valeurs de l'IMPA et l'ANB du groupe traité à T0 ne suivant pas une loi Normale. Ce test est une comparaison de moyenne pour deux échantillons appariés.

Pour l'IMPA, on obtient une valeur de  $p=0,0019$  et pour l'ANB  $p=9,54.10^{-5}$  ( $p \leq 0,05$ ). L'hypothèse  $H_0$  est rejetée. Pour IMPA et ANB, les deux moyennes entre T0 et T1 sont significativement différentes.

#### **4.2.3 TEST D'HOMOGENEITE DES VARIANCES**

La deuxième précaution à prendre avant de réaliser le test de Student sera de vérifier l'homogénéité des variances de l'échantillon. On réalise le test de Fisher Snedecor pour le groupe traité et le groupe contrôle. Nous obtenons les résultats suivants :

- Pour le groupe contrôle à T0 et à T1, les variances des valeurs FMIA, FMA, IMPA, SNA, SNB, ANB, AoBo, l'Angle inter-incisif et l'Angle du plan d'occlusion par rapport à SNa sont toutes homogènes.
- Pour le groupe traité à T0 et à T1, les variances des valeurs FMIA, FMA, SNA, SNB, l'Angle inter-incisif et l'Angle du plan d'occlusion par rapport à SNa sont toutes homogènes sauf celle de AoBo qui est rejetée à 95%.

#### **4.2.4 TEST « T » PARAMETRIQUE DE STUDENT**

La réalisation du test « t » paramétrique de Student permet de comparer deux échantillons appariés. Le terme « apparié » signifie qu'il s'agit d'un même échantillon qui est mesuré deux fois (T0 et T1). Le test « t » de Student concerne la comparaison de valeurs quantitatives mesurées sur une échelle d'intervalle ou de rapport.

Deux hypothèses sont ainsi posées :

- HO : les valeurs ne sont pas significativement différentes avec un seuil de confiance de 0,05 ;
- H1 : les valeurs sont significativement différentes et HO est rejetée, avec un seuil de confiance de 0,05.

Le risque  $\alpha$  qu'on définit à 5% ( $p < 0,05$ ), signifie qu'on a 5% de risque d'avoir validé l'hypothèse H1 et qu'elle soit fausse.

On valide l'hypothèse H1 quand :  $p < 0,05$ .

Après informatisation du test « t » de Student, on obtient les résultats dans le tableau ci-dessous. Les valeurs de l'IMPA et de l'ANB sont ajoutées mais elles résultent du test de Wilcoxon et la valeur de l'AoBo ne présente pas d'intérêt à être analysée car elle ne remplissait pas les prérequis au test de Student.

Variables	Groupe Traités					Groupe contrôle				
	T0		T1		T0-T1	T0		T1		T0-T1
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Test t P value	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Test t P value
<b>FMIA</b>	59,66	5,89	56,17	6,087	0,0019	57,84	5,41	57,73	4,131	0,881
<b>FMA</b>	24,55	5,01	24,86	5,15	0,5426	24,84	3,602	23,93	4,016	0,0208
<b>IMPA</b>	95,6	5,49	99,44	7,61	0,0019	97,33	5,441	98,345	4,478	0,1935
<b>SNA</b>	82,55	4,382	81,28	4,008	0,0046	81,655	3,49	81,475	3,181	0,3381
<b>SNB</b>	76,48	4,14	77,31	4,058	0,0236	75,025	3,107	75,075	2,788	0,7875
<b>ANB</b>	6,06	1,9	3,96	1,754	$9,54 \cdot 10^{-5}$	6,755	1,82	6,425	1,735	0,1232
<b>AoBo</b>	4,42	1,896	1,171	0,891	$1,53 \cdot 10^{-5}$	5,39	1,519	5,815	1,621	0,1547
<b>Angle i/I</b>	123,33	6,541	126,82	8,452	0,029	122,775	6,322	122,77	6,034	0,9973
<b>Occ/Sna</b>	15,06	4,05	17,32	4,492	$7,74 \cdot 10^{-5}$	16,645	3,37	15,74	3,181	0,0381

Figure 34 : Tableau qui répertorie les moyennes et les écarts-types des différentes variables de l'analyse de TWEED à T0 et à T1 pour le groupe traité et le groupe contrôle et la valeur « p » du test de student à T0 et à T1.

On obtient d'après le test « t » de Student pour le groupe traité :

- Les moyennes des angles FMIA, SNA, SNB, Angle inter-incisif et le plan d'occlusion/SNa sont significativement différentes.
- Seul la moyenne de l'angle FMA n'est pas significativement différente.
- Nous n'avons pas de données exploitables pour les valeurs de AoBo.

Concernant le groupe contrôle, le test « t » de Student nous indique que:

- Les moyennes des angles FMA et du plan d'occlusion/SNa sont significativement différentes entre T0 et T1.
- Les moyennes des angles FMIA, IMPA, SNA, SNB, ANB, AoBo, Angle inter-incisif ne sont pas significativement différentes entre T0 et T1.

La moyenne de l'angle FMA se réduit à T1, le patient grandit avec une légère fermeture de son angle mandibulaire. Concernant le plan d'occlusion, on remarque qu'il a tendance aussi à se fermer à T1, comme l'angle FMA.

#### **4.2.5 COMPARAISON DES VALEURS ENTRE LE GROUPE CONTROLE ET LE GROUPE TRAITE A T0**

Nous avons suivi le schéma présenté ci-dessus pour la réalisation de l'étude statistique. On vérifie tout d'abord que les échantillons suivent une loi normale avec le test de Shapiro et Wilk puis on vérifie l'homogénéité des variances et ensuite on peut appliquer le test de student pour les différentes variables de l'analyse de Tweed.

Nous en déduisons que les deux groupes étudiés ne présentent pas de différence significative à T0. Le groupe traité et le groupe contrôle sont comparables à T0.

#### **4.2.6 COMPARAISON DES VALEURS ENTRE LE GROUPE CONTROLE ET LE GROUPE TRAITE A T1**

Nous avons jugé intéressant de comparer les patients traités à T1 par rapport aux patients non traités à T1 pour évaluer si la moyenne des variables est significativement différente ou non.

Nous avons suivis le même déroulement que pour les statistiques précédentes effectuées entre le groupe contrôle et le groupe traité à T0 et à T1.

Nous avons tout d'abord vérifié si les valeurs du groupe traité et du groupe contrôle suivaient une loi Normale à T1 avec le test de Shapiro et Wilk. Nous en avons conclu que toutes les variables suivaient une loi Normale à T1.

Dans un deuxième temps, nous avons réalisé le test de Fisher Snedecor. Nous avons plusieurs variables qui n'étaient pas homogènes. Il s'agit de FMA, IMPA et AoBo. Nous avons fait pour celles-ci des tests de Student pour échantillon non apparié sans variances égales. Sinon pour les autres, l'échantillon n'étant pas apparié nous avons réalisé un test de Student sur échantillon non apparié.

Voici les résultats obtenus :

- Les moyennes des valeurs angulaires suivantes ne sont pas significativement différentes entre le groupe contrôle et le groupe traité à T1 :  
« FMIA, FMA, IMPA, SNA, angle inter-incisif et l'angulation du plan d'occlusion par rapport à SNa ».
- Les moyennes des valeurs angulaires suivantes sont significativement différentes entre le groupe traité et le groupe contrôle à T1 :  
« SNB, ANB et AoBo »

<b>Variables</b>	<b>Homogénéité des Variances</b>	<b>Test de Student</b>
<b>FMIA</b>	Non homogènes	0,35
<b>IMPA</b>	Homogène	0,56
<b>FMA</b>	Non homogène	0,58
<b>SNA</b>	Homogène	0,87
<b>SNB</b>	Homogène	0,049
<b>ANB</b>	Homogène	7,09 E-05
<b>AoBo</b>	Non homogène	5,47 E-11
<b>I/i</b>	Homogène	0,09
<b>Occ/SNa</b>	Homogène	0,206

Figure 35 : Tableau de résultats du test d'homogénéité de variances et du test de Student pour la comparaison des échantillons traités et contrôles à T1

## 5 RESULTATS

### 5.1 LONGUEUR MANDIBULAIRE

La longueur mandibulaire a été mesurée à l'aide d'un double décimètre sur les superpositions locales mandibulaires imprimées. La différence obtenue entre les longueurs Articulare (Ar) - Pogonion à T0 et Articulare (Ar') - Pogonion à T1 nous indique l'allongement de la diagonale mandibulaire obtenue. Les résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Groupe contrôle	Allongement de la diagonale mandibulaire (Ar'-Pog) T0-T1	Groupe traité	Allongement de la diagonale mandibulaire T0-T1
BEC FLO	4	VMAT	2
BUR CAR	4	CDAM	2,5
CHA AUD	2	BMEL	0,5
FOU CEC	4	BCAM	7,5
FOU FRE	4	CROM	4,5
GRA SID	1	SMAT	5
KOT SEB	4	RNIEL	4,5
LEM LAU	6	MADE	7
LEV VIR	3	LMAX	4
LEW AUR	5	BJEA	2,5
LOP PAQ	2	DALE	4,5
MAD ANA	3	PLEA	7
MAG RAP	5	FMAR	2
MAL JUL	1,5	DVIC	3,5
TAV ALE	2,5	BJUL	3,5
VDC MAT	1,5		
<b>Moyenne</b>	<b>3,28mm</b>		<b>4,03mm</b>

Figure 36 : Les esures de l'allongement de la diagonale mandibulaire dans le groupe traité et le groupe contrôle.

L'allongement de la diagonale mandibulaire est de 3,28mm pour le groupe contrôle et de 4,03mm pour le groupe traité. Le groupe traité par PUL présente donc une

augmentation de la longueur mandibulaire de 0,75mm par rapport au groupe contrôle.

## 5.2 PROPORTION CONTREBALANÇANTE MANDIBULAIRE

A partir des superpositions locales mandibulaires, du groupe contrôle et du groupe traité, nous avons pu calculer la proportion contrebalançante mandibulaire. Elle se définit comme la participation de la croissance condylienne à l'allongement de la diagonale mandibulaire.

La croissance condylienne est curviligne. Sa composante linéaire vient agrandir la diagonale mandibulaire et sa composante circulaire la fait tourner[28].

La proportion contrebalançante se calcul à partir de l'allongement de la diagonale mandibulaire et de la distance séparant les deux condyles entre T0 et T1. Les résultats sont exposés dans les tableaux ci-dessous.

<b>Patients traités</b>	<b>PC%</b>	<b>Rotation du condyle</b>	<b>Allongement de la diagonale mandibulaire</b>
VMAT	57%	64%	36%
CDAM	63%	62%	38%
BMEL	50%	67%	33%
BCAM	83,00%	58%	42%
CROM	90%	52%	48%
SMAT	62,50%	62%	38%
RNIEL	70%	59%	41%
MADE	87,50%	53%	47%
LMAX	80%	55%	45%
BJEA	56%	64%	36%
DALE	90%	53%	47%
PLEA	64%	61%	39%
FMAR	67%	67%	33%
DVIC	75%	61%	39%
BJUL	70%	57%	43%
<b>Moyenne</b>	<b>71%</b>	<b>60%</b>	<b>40%</b>

Figure 37 : Mesure de la proportion contrebalançante mandibulaire et des composantes de croissance condylienne, dans le groupe traité.



<b>Patients contrôles</b>	<b>PC%</b>	<b>Rotation du condyle</b>	<b>Allongement de la diagonale mandibulaire</b>
BEC FLO	50%	67%	33%
BUR CAR	97%	51%	49%
CHA AUD	44%	69%	31%
FOU CEC	89%	53%	47%
FOU FRE	80%	56%	44%
GRA SID	22%	82%	18%
KOT SEB	80%	56%	44%
LEM LAU	60%	63%	37%
LEV VIR	75%	57%	43%
LEW AUR	77%	57%	43%
LOP PAQ	31%	76%	34%
MAD ANA	90,50%	53%	47%
MAG RAP	83%	55%	45%
MAL JUL	50%	26%	74%
TAV ALE	50%	59%	41%
VDC MAT	30%	77%	23%
<b>Moyenne</b>	<b>63%</b>	<b>59%</b>	<b>41%</b>

Figure 38 : Mesure de la proportion contrebalançante mandibulaire et des composantes de croissance condylienne, dans le groupe contrôle.

Nous obtenons un résultat de 71% pour le groupe traité et de 63% pour le groupe contrôle. La participation de la croissance condylienne est augmentée pour le groupe traité par PUL.

Comme nous l'avons évoqué précédemment, la croissance condylienne va s'exprimer selon deux composantes une rotation de la diagonale mandibulaire et un allongement de celle-ci. Il est intéressant de voir la part en pourcentage que représente chacune d'elles dans la croissance condylienne.

Pour le groupe traité, on obtient une participation de la rotation du condyle (composante circulaire) de 60% et un allongement de la diagonale (composante linéaire) qui est de 40%.

Pour le groupe contrôle, la participation de la rotation condylienne est très légèrement plus faible soit 59% et l'allongement de la diagonale mandibulaire est de 41%. Le groupe traité présente un pourcentage de rotation du condyle très légèrement supérieur de 1% à celui du groupe contrôle. Globalement les composantes de la croissance condylienne n'ont pas été modifiées par le traitement.

## 5.3 VARIATIONS DES VALEURS DE L'ANALYSE DE TWEED

### 5.3.1 GROUPE TRAITE ENTRE T0 ET T1

Les moyennes des angles SNA, SNB, Angle inter-incisif sont significativement différentes d'après le test de student. D'après le test de Wilcoxon, les moyennes des angles IMPA et ANB sont significativement différentes aussi entre T0 et T1.

- L'angle SNA diminue en moyenne de  $1,27^\circ$  (la valeur moyenne à T0 :  $82,55^\circ$  et à T1 :  $81,28^\circ$ ). La diminution s'explique par l'effet de freinage sur la croissance antérieure maxillaire, réciproque à la propulsion mandibulaire.
- L'angle SNB varie en augmentant en moyenne de  $0,84^\circ$  (la valeur moyenne à T0 :  $76,48^\circ$  et à T1 :  $77,315^\circ$ ) lors du traitement par PUL.
- La moyenne de l'angle inter-incisif augmente de  $123,33^\circ$  à  $126,82^\circ$ . Il existe une linguoversion des incisives maxillaires qui compense la vestibulo-version des incisives mandibulaires de  $3,84^\circ$  en moyenne, pour que l'angle inter-incisif augmente.
- Pour l'ANB, la moyenne entre T0 et T1 diminue de  $2,06^\circ$  de façon significative (T0 :  $6,06^\circ$  et à T1 :  $4^\circ$ ).
- Pour l'IMPA, la moyenne entre T0 et T1 augmente significativement de  $3,84^\circ$  (T0 :  $95,6^\circ$  et à T1 :  $99,44$ ) d'après le test de Wilcoxon.

La moyenne de l'angle FMA n'est pas significativement différente.

- L'angle FMA augmente de manière non significative de  $0,31^\circ$  en passant de  $24,55$  à T0 à  $24,86$  à T1. En sachant que dans l'échantillon de patients traités, il y avait 40% de patients présentant un schéma de croissance mésodivergent, 30% présentant un schéma hypodivergent et 30% présentant un schéma hyperdivergent.

Parmi les patients hyperdivergents du groupe traité, le FMA a augmenté pour 50% avec une valeur moyenne de  $1,76^\circ$ , il a diminué pour 33,3% avec une moyenne de  $2,9^\circ$  et il est resté stable pour 16,7%. En sachant que ces valeurs ne sont pas statistiquement significatives.

Ce dispositif ne semble pas majoritairement augmenter l'angle mandibulaire. Nous n'avons pas de données exploitables pour la valeur de l'AoBo car les prérequis au test de Student n'étaient pas remplis. Il s'agit du test d'homogénéité des variances de Fisher Snedecor.

### **5.3.2 GROUPE CONTROLE ENTRE T0 ET T1**

L'angle FMA diminue en moyenne de  $0,91^\circ$  de façon significative entre T0 et T1. Et l'angle entre le plan d'occlusion et le plan S.Na diminue significativement en moyenne de  $0,905^\circ$  entre T0 et T1.

Les moyennes des angles FMIA, IMPA, SNA, SNB, ANB, AoBo, Angle inter-incisif ne sont pas significativement différentes entre T0 et T1. Cela signifie que ces angles sont restés stables dans l'ensemble entre les deux temps d'observation T0 et T1.

### **5.3.3 ENTRE LE GROUPE TRAITE ET LE GROUPE CONTROLE A T1**

Les moyennes des valeurs angulaires suivantes ne sont pas significativement différentes entre le groupe contrôle et le groupe traité à T1 :

- FMIA, FMA, IMPA, SNA, angle inter-incisif et l'angulation du plan d'occlusion.

Les moyennes des valeurs angulaires suivantes sont significativement différentes entre le groupe traité et le groupe contrôle à T1 :

- SNB, ANB et AoBo.

Les patients traités présentent ainsi des valeurs moyennes significativement différentes des angles SNB, ANB, et AoBo à T1.

Ce résultat nous permet de conclure que le PUL intercepte la classe II squelettique par la correction de la rétrognathie mandibulaire. En effet, l'augmentation significative de l'angle SNB, la diminution de l'angle ANB et la diminution de l'AoBo entre T0 et T1 sont perceptibles dans le groupe traité par rapport au groupe contrôle.

## **6 DISCUSSION**

---

### **6.1 EFFETS SQUELETTIQUES**

La participation de la composante squelettique à la correction de la classe II concerne les bases osseuses maxillaire et mandibulaire. Concernant le PUL, on s'intéressera principalement à ses effets sur la mandibule.

Suivant le sens antéro-postérieur, où l'on a mesuré la variation de l'angle SNB, l'évolution de la longueur de la diagonale mandibulaire et de la proportion contrebalançante mandibulaire.

Et selon le sens vertical, où l'on s'est intéressé à la variation de l'angle entre le plan de Francfort et le plan mandibulaire (noté FMA).

#### **6.1.1 EFFETS SUR LE MAXILLAIRE**

Nous observons chez les patients traités par PUL une diminution de l'angle SNA en moyenne de 1,27° entre T0 et T1. A T1, il n'y a pas de différence significative entre SNA du groupe traité et du groupe contrôle. Nous retrouvons l'effet réciproque de freinage maxillaire lié à la propulsion mandibulaire mais cet effet parasite ne semble pas compromettre la croissance maxillaire.

La revue systématique de littérature de D'ANTO et coll.[12] établit un rapport de diverses études sur le traitement d'interception des classes II division 1. Ils concluent pour l'appareil de Herbst amovible ou fixe, que la restriction de la croissance maxillaire n'est pas significative. En revanche, la diminution de la croissance maxillaire était plus évidente pour le Twin-block (SNA : -0,7° à -1,03°) et le « Headgear » (SNA : -1,01°).

## 6.1.2 EFFETS SUR LA MANDIBULE

### 6.1.2.1 *Avancée mandibulaire*

La correction de la classe II par le PUL dans notre échantillon se traduit par une augmentation significative de l'angle SNB de 0,84°. En comparaison, dans le groupe contrôle, l'angle SNB est resté stable entre T0 et T1. Donc sans dispositif de propulsion, il n'y a pas d'avancée notable du point B.

Il est intéressant de comparer notre résultat à d'autres types d'activateurs.

D'après la revue systématique de littérature de D'ANTO et coll.[12], ils identifient une avancée de la position mandibulaire par rapport à la base du crâne par modification de l'angle SNB de 1.2° et 1.53° chez les patients traités par Twin-block, alors que pour les activateurs rigides, il y avait une modification de l'angle SNB de 0.66° environ.

Le PUL semble participer à l'avancée du point B de manière plus importante que l'activateur rigide mais avec moins de résultat que le Twin-block.

Une autre étude de BURKARDHT et coll.[7], s'intéressant aux effets sur la croissance à la suite d'un traitement par recul maxillaire (Pendulum) ou par avancée mandibulaire (Bielle de Herbst), nous montre que :

- La croissance mandibulaire était identique chez des patients en classe II division 1 traités par Pendulum ou par Herbst (amovible ou fixe) car l'ANB était diminué. Le point menton était tout de même un peu plus antérieur parmi les patients traités par Herbst que pour les patients traités par Pendulum.

Ils expliquent cette différence par la rotation horaire survenue par le traitement avec le Pendulum. Pourtant, cette rotation aggrave le rapport squelettique de classe II donc devrait augmenter l'ANB. A l'inverse, le plan mandibulaire s'est légèrement fermé chez les patients traités par les dispositifs Herbst. En effet, la diminution du SNA par freinage de la croissance maxillaire avec le pendulum aurait pu expliquer cette observation mais l'angle SNA diminue de -0.8° dans le groupe traité par recul maxillaire et dans le groupe par propulseur amovible il diminue de -1,2°. Le

propulseur amovible ou fixe a participé à la correction de la classe II par freinage de la croissance maxillaire et avancée du point menton.

Pour FRANCHI et coll.[20], les deux tiers de la correction du surplomb, par traitement avec un dispositif de Herbst amovible, sont obtenus par des effets squelettiques en partie dû à l'avancée significative de la mandibule.

Donc l'avancée mandibulaire semble être un élément commun aux dispositifs de propulsion. Cette avancée semble être meilleure pour les propulseurs que pour les activateurs rigides. Une étude de PHAN et coll.[36] vient confirmer notre remarque. Sur des patients en classe II division 1, ils ont comparé les effets d'un activateur avec une force extra-orale (FEO), aux effets d'un propulseur de type Herbst suivi en contention d'un activateur d'Andresen. Ils ont conclu qu'il n'y a avait pas de différence significative des variables étudiées entre les deux dispositifs, hormis une plus grande augmentation de l'avancée mandibulaire chez les patients traités par le propulseur mandibulaire suivi de l'activateur. Les corrections ont été plus prononcées dans le groupe traité par propulsion par rapport à l'activateur avec FEO.

Puis dans un deuxième temps, l'activateur avec FEO était toujours porté et dans l'autre groupe la contention post-propulsion était réalisée par l'activateur d'Andresen. Les corrections se sont maintenues, pour le groupe en contention, de manières à s'harmoniser avec les progrès continus de l'activateur avec FEO.

### ***6.1.2.2 Longueur mandibulaire***

L'allongement de la mandibule participant à la croissance mandibulaire est curviligne avec une composante linéaire et angulaire. La longueur de la diagonale mandibulaire se mesure selon les auteurs au niveau de l'Articulare ou du Condylion jusqu'au Pogonion osseux.

La longueur mandibulaire est-elle supérieure chez les sujets traités par les dispositifs d'interception de la classe II ? Cette composante a en effet son rôle à jouer dans la correction de cette dysmorphose.

Nous avons obtenu dans notre étude un allongement de la diagonale mandibulaire supérieure dans le groupe traité (4,03mm) par rapport au groupe contrôle (3,28mm) soit une différence positive de 0,75mm. Selon les dispositifs et selon les études les résultats varient.

D'après la revue de littérature de D'ANTO et coll.[12] l'augmentation de la longueur mandibulaire était significative pour les appareils du type Fränkel 1.07mm/an et Twin-block 2.9mm/an. Mais les résultats n'étaient pas significatifs concernant l'appareil de Herbst fixe et amovible.

Pour BURKARDHT et coll.[7], la longueur mandibulaire a augmenté aussi bien chez les patients traités par Pendulum que par Herbst. Cette observation nous montre que sans stimulation de propulsion mandibulaire, ils sont arrivés au même résultat. Cela remet en cause l'effet de l'appareil de Herbst confirmant le résultat non significatif obtenu par D'ANTO et coll[12].

Pour FRANCHI et coll.[20] dont l'étude porte sur le dispositif amovible et fixe de l'appareil de Herbst. Une augmentation de la croissance mandibulaire est mesurable par l'augmentation de la diagonale mandibulaire (Co-Pog), de la hauteur du ramus (Co-Go) et de l'inclinaison de la ligne condylienne (l'angle cl-ml), pendant la phase d'interception.

L'augmentation de la diagonale mandibulaire (Co-Pog) dans le groupe traité est de 4,12mm alors que dans le groupe non traité en classe II squelettique, elle est de 2,12mm et de 2,48mm pour le groupe non traité en classe I squelettique. Ces résultats sont proches de ceux que nous avons mesuré dans notre étude.

L'augmentation de la longueur mandibulaire semble être retrouvée dans tous les dispositifs de correction de la classe II, avec des résultats plus ou moins significatifs pour l'appareil de Herbst. Cette augmentation doit rester néanmoins supérieure au groupe contrôle non traité pour justifier de l'effet thérapeutique.



### **6.1.2.3 Proportion contrebalançante mandibulaire**

La mandibule est un os courbe qui grandit, change de taille et de forme au cours de la croissance sous l'effet de la croissance condylienne et du remodelage périosté. La rotation matricielle que Dibbets[14] a qualifiée de rotation contrebalançante intervient dans la modification morphologique mandibulaire.

A partir d'une superposition structurale mandibulaire, on met en évidence l'orientation de la croissance du condyle par rapport à la diagonale mandibulaire. Plus la diagonale tourne, plus la rotation contrebalançante est forte et moins le condyle participe à l'allongement de la diagonale mandibulaire[28]. Après l'analyse de nos patients traités par PUL, on peut savoir si l'effet a permis un allongement de la diagonale mandibulaire ou une rotation du condyle. L'effet optimal souhaité sera :

- une réduction de la rotation condylienne contrebalançante ou une réorientation de la rotation de manière à mieux l'aligner avec l'axe de la diagonale mandibulaire et;
- un allongement de la diagonale mandibulaire.

D'après le mémoire Cecsmo de DUNGLAS[16], s'intéressant à un groupe de patients en classe II division 1, traités par activateur avec une force extra-orale, comparé à un groupe contrôle non traité. Ils obtenaient réciproquement une proportion contrebalançante de 79,6% contre 63,8%.

Concernant notre groupe d'étude, les sujets traités présentent en moyenne une proportion contrebalançante de 71% et pour le groupe contrôle une moyenne de 63%.

Cela confirme que les sujets traités ont une longueur de la diagonale plus grande que les sujets non traités.

La composante angulaire est la principale composante soit 60% de la croissance condylienne par rapport à la composante linéaire qui représente 40% pour les deux groupes. Le dispositif ne semble pas avoir modifié les composantes de la croissance du condyle.

#### **6.1.2.4 Les effets squelettiques verticaux**

Chez les sujets non traités, on retrouve dans la littérature que le taux de rotation verticale est en moyenne de  $+0.4^\circ$  à  $1.3^\circ/\text{an}$ . Ce taux est augmenté lors de l'enfance et de l'adolescence[21]. Dans le groupe contrôle, on retrouve à l'inverse une diminution non significative du FMA de  $-0,91^\circ$ . La petite taille de notre échantillon peut expliquer l'incohérence du résultat obtenu par rapport aux résultats retrouvés dans la littérature.

Par ailleurs, une augmentation de la hauteur faciale suite au traitement par des activateurs élastiques ou souples est parfois constatée chez les sujets hyperdivergents, face longues[17].

Cette remarque nous laisse à penser que les dispositifs de propulsions comme le PUL provoque une ouverture de l'angle mandibulaire, surtout qu'aucun auxiliaire de contrôle du sens vertical n'est ajouté. Seule la composante fonctionnelle, par mobilité du dispositif obligeant le patient à fermer la bouche et la croissance cranio-faciale permettent le maintien du sens vertical.

L'angle FMA traduit l'évolution du sens vertical au cours du traitement d'interception. Pour notre étude, la moyenne de l'angle FMA n'est pas significativement différente. Il augmente de manière non significative de  $+0,31^\circ$  en passant de  $24,55^\circ$  à T0 à  $24,86^\circ$  à T1. Il s'agit d'une moyenne à relativiser, même si la proportion des différents types de schéma faciaux était répartie de manière équitable. Si l'on s'intéresse à l'effet observé seulement sur les patients hyperdivergents, le FMA a varié en :

- augmentant pour 50% des cas ( $1,76^\circ$  en moyenne) ;
- diminuant pour 33,3% des cas ( $2,9^\circ$  en moyenne) ;
- restant stable dans 16,7% des cas.

Il ne faut pas oublier que ces valeurs ne sont pas statistiquement significatives.

D'après la thèse de CASTELAIN[9] s'intéressant aux effets verticaux du PUL. L'angle FMA augmente de  $+0.1^\circ$  et l'angle maxillo-mandibulaire diminue de  $-0,48^\circ$  chez les patients hyperdivergents. Et chez les hypodivergents, on retrouve une diminution du FMA de  $-0,423^\circ$  et  $-0,73^\circ$ . Les résultats semblent confirmer notre observation.

Ce dispositif ne semble pas compromettre le maintien du sens vertical.

Dans l'étude de BURKARDT et coll.[7], après un traitement par Herbst amovible et fixe, le plan mandibulaire modélisé par l'angle FMA avait diminué de  $-0,4^{\circ}$  et  $-0,3^{\circ}$  respectivement.

Pour FRANCHI et coll.[20] le dispositif Herbst amovible sur gouttière ne donne pas de différence significative concernant les effets squelettiques verticaux entre les patients traités et les patients non traités. Le plan palatin et le plan mandibulaire ne montraient pas de modification d'inclinaison par rapport à la base du crâne. Ils expliquent cette absence d'effets verticaux par l'augmentation de la hauteur du ramus.

## **6.2 EFFETS DENTO-ALVEOLAIRES**

### **6.2.1 SURPLOMB**

La correction du décalage antéro-postérieur peut être observé au niveau des incisives par la correction du surplomb. Elle comprend une composante squelettique et dento-alvéolaire. Les déplacements antéro-postérieurs squelettiques des bases osseuses maxillaires et mandibulaires vont s'associer aux déplacements dentaires des dents maxillaires et mandibulaires à l'intérieur de leurs bases osseuses.

Pour apprécier la part squelettique et dento-alvéolaire de la correction du surplomb nous avons suivi la démarche proposée par PANCHERZ et détaillée dans l'article de LAUTROU et coll.[28]. Nous obtenons un résultat de 43% de part squelettique et de 57% de part dento-alvéolaire pour une correction du surplomb de  $-6,66\text{mm}$  sur une durée moyenne de traitement de 439 jours.

Une autre étude de O'BRIEN et coll. [33] utilisant la même méthode de calcul mais s'intéressant au Twin-block a trouvé des résultats comparables en terme de correction du surplomb, qui est de  $-6,93\text{mm}$ . Le suivi avait été sensiblement identique à notre étude, 15 mois. Concernant la participation squelettique à la correction du

surplomb elle était de 27% contre 73% pour la composante dento-alvéolaire. Le PUL semble avoir plus d'effets squelettiques que le Twin-block.

D'après la revue systématique de D'ANTO et coll.[12] les appareils fonctionnels diminuent significativement le surplomb entre -3,88mm à -4,17mm avec des résultats plus importants pour le Twin-block (de -3,3mm à 6,9mm). En revanche les résultats n'étaient pas significatifs pour l'appareil de Herbst amovible et « Headgear ». Pour ce dernier, il n'a pas été démontré que l'appareil permet directement la réduction du surplomb.

L'étude de FRANCHI et coll.[20] montre une correction du surplomb de 4,6mm avec l'appareil de Herbst amovible sur gouttière. Soit une correction du surplomb par 61% d'effets squelettiques et 39% d'effets dentaires. A la fin de leur observation (après la deuxième phase de traitement par multi-attache) aucune différence significative n'était retrouvée dans la position maxillaire entre le groupe traité et le groupe contrôle. Cette dernière observation rejoint la proposition de la revue COCHRANE de 2013[43] sur l'intérêt de la phase d'interception. En ce qui concerne la correction du décalage squelettique et alvéolo-dentaire, elle ne présente pas d'avantage par rapport au traitement par multi-attache seul.

L'avantage clinique du PUL pourrait-être de réduire le port des tractions inter-maxillaires en phase de traitement par multi-attache. En sachant qu'à cet âge, la coopération pour le port des élastiques inter-maxillaires de correction de la classe II n'est pas facile à obtenir par le praticien.

### **6.2.2 INCISIVE MANDIBULAIRE**

Nous trouvons une version significative de l'incisive mandibulaire de +3,84° par la mesure de l'IMPA entre T0 et T1 pour le groupe traité. Alors que, pour le groupe contrôle la valeur de l'IMPA avait augmenté de +1,015° mais de manière non significative entre T0 et T1.

Plusieurs études s'intéressant au traitement de la classe II par un dispositif similaire au PUL comme « la Bielle de Herbst amovible », trouvent une version vestibulaire de l'incisive mandibulaire.

La revue de littérature de BARNETT et coll.[4] conclut en une version des incisives mandibulaires concomitantes aux vecteurs de forces transmis par l'appareil de Herbst.

L'étude de FRANCHI et coll.[20] mesure une version vestibulaire significative de l'incisive mandibulaire pendant le traitement actif par Hersbt amovible sur gouttière alors que l'axe de l'incisive maxillaire est resté stable mais de manière non significative. Cette version concourt en grande partie à la correction du surplomb.

L'étude de BURKARDHT et coll.[7], mesure aussi une version vestibulaire de l'incisive mandibulaire avec un déplacement mésial. Il est identique sur le groupe traité par pendulum et le groupe traité par Herbst amovible. Cela remet en cause l'effet parasite de version vestibulaire du propulseur.

L'étude de O'BRIEN et coll.[33] sur 89 patients âgés de 8 à 10 ans traités par Twin-block mesure une version de l'incisive mandibulaire de +1,38°.

D'après la revue systématique de littérature de D'ANTO et coll.[12] un effet significatif du Twin-block sur la version vestibulaire des incisives mandibulaires est mesuré (L1- GoGn +3,9°). Concernant le dispositif de Herbst amovible ou fixe la version ou le mouvement antérieur des incisives n'étaient pas significatifs.

La version de l'incisive mandibulaire relative au traitement d'interception de la classe II division 1 semble être un effet souvent retrouvé dans les divers dispositifs d'interception malgré les auxiliaires ajoutés en vestibulaire des incisives mandibulaires.



## 7 CONCLUSION

---

La diversité des appareils d'interception proposée aujourd'hui pour corriger la classe II division 1 offre au praticien une grande variété d'options thérapeutiques.

Le Propulseur Universel Light semble présenter des effets squelettiques et dento-alvéolaires proches de ce que l'on retrouve dans la littérature sur d'autres types d'activateurs propulseurs à butée comme le Twin-block ou la Bielle de Herbst.

A la suite de notre étude, nous observons que le PUL ne semble pas provoquer d'effets squelettiques notables sur le maxillaire. A la mandibule, il contribue à l'avancée du point B et à l'augmentation de la longueur mandibulaire. La participation du condyle à l'allongement de la diagonale mandibulaire est augmentée avec principalement une composante angulaire. En sachant que cette composante est identique entre les deux groupes. Le PUL ne semble pas modifier les composantes de la croissance condylienne.

Ce dispositif ne semble pas non plus compromettre le maintien du sens vertical même chez les patients hyperdivergents.

Concernant les effets alvéolo-dentaires, ils restent majoritaires à 57% pour la correction du surplomb. Et on retrouve une version significative de l'incisive mandibulaire.

La petite taille de notre groupe d'étude nous confère des résultats qui restent des tendances de réponse au traitement par le PUL et non des valeurs absolues.

L'utilisation de ce dispositif en interception de la classe II division 1 semble donner des résultats favorables. La phase d'interception peut permettre d'optimiser le temps de traitement ultérieur en technique multi-attache. La motivation et la coopération du patient sont les principaux facteurs de la réussite de notre traitement. Et Le choix de la contention reste primordial afin d'éviter une récurrence de la classe II.





## 8 LISTE DES FIGURES

---

Figure 1 : L'occlusion de la classe II,1 d'Angle d'après ANAES 2002[24].....	15
Figure 2 : Photo 1, profil d'une cl II, 1 face longue, d'après KOLF[26]; photo 2, profil d'une cl II,1 face courte (courtoisie Dr PRIEUR).....	16
Figure 3 : Phase initiale du mouvement de propulsion mandibulaire (schéma de gauche) et seconde phase du mouvement mandibulaire de propulsion (schéma de droite), d'après TAVERNIER et coll.[42]. .....	26
Figure 4 : Activateur rigide monobloc d'Andresen[2]. .....	30
Figure 5 : Régulateur de fonction de Fränkel[17].....	32
Figure 6 : La bielle de Herbst sur base résine, d'après Mc Namara et Howe[31].....	34
Figure 7 : Elasto-Osamu II avec un arc interne et un arc externe pour la FEO, d'après GUEZENEC et coll.[23] .....	34
Figure 8 : Photo d'un Propulseur Universel Light, activé en propulsion par le laboratoire de prothèse, d'après le Dr CALLABE[8].....	37
Figure 9 : Photo d'un PUL avec vérin médian, d'après le Dr CALLABE[8]. .....	38
Figure 10 : Système d'articulation libre entre la gouttière et le tube télescopique, d'après le Dr CALLABE[8].....	39
Figure 11 : Photo 1, vérin médian; photo 2, boucle de Coffin et ressort de Schwartz; photo 3, élastique antérieur vestibulaire et photo 4, multi-attache incisif et PUL[8], d'après le Dr CALLABE[8]. .....	39
Figure 12 : Photo 1, vérin médian mandibulaire, photo 2, bandeau en résine vestibulaire incisif, photo 3 Fil métallique vestibulaire incisif, d'après le Dr CALLABE[8]. .....	40
Figure 13 : Système de propulsion latéral du PUL, d'après le Dr CALLABE [8].....	40
Figure 14 : Photos exobuccales au début du traitement (courtoisie Dr FEJES RALUY). .....	48
Figure 15 : Photos endobuccales au début du traitement (courtoisie Dr FEJES RALUY). .....	49

Figure 16 : Cliché panoramique du début de traitement en 2010, (courtoisie Dr FEJES RALUY).....	50
Figure 17 : Téléradiographie de Profil et tracé selon l'analyse de TWEED du début de traitement au 08/02/2011 (courtoisie Dr FEJES RALUY).....	50
Figure 18 : Photos exo buccales de fin d'interception (courtoisie Dr FEJES RALUY)...	51
Figure 19 : Photos endo buccales de fin d'interception (courtoisie Dr FEJES RALUY). .....	51
Figure 20 : Cliché panoramique de fin d'interception le 19/12/2012 (courtoisie Dr FEJES RALUY).....	52
Figure 21 : Téléradiographie de profil et tracé selon l'analyse de TWEED du 19/12/2012 (courtoisie Dr FEJES RALUY).....	52
Figure 22 : Superpositions structurales du cas étudié, selon la méthode L.D.V, élaborée avec le logiciel Céphalométries®. ....	53
Figure 23 : Les différents degrés de sévérité de la classe II molaire, d'après JANSON[25]......	57
Figure 24 : Répartition de la population en fonction de la sévérité de la classe II. ....	57
Figure 25 : Classification du stade de maturité cervical d'après BACETTI et coll.[3]. .	58
Figure 26 : Répartition du groupe traité en fonction du stade de maturité cervical....	58
Figure 27 : Points céphalométriques de l'analyse de Tweed proposés par Céphalométries®. ....	60
Figure 28 : Exemple de tracé céphalométrique obtenu à T0, d'un patient du groupe traité, avec les valeurs correspondantes à partir de Céphalométries®.....	61
Figure 29 : Exemple de tracé des structures anatomiques d'un patient du groupe traité, à partir de Céphalométries®.....	62
Figure 30 : Exemple de superposition des structures stables pour la superposition générale, à partir de Céphalométries®. ....	62
Figure 31 : Exemple de superposition des structures stables maxillaire pour la superposition maxillaire, à partir de Céphalométries®. ....	63
Figure 32 : Exemple de superposition des structures stables mandibulaires pour la superposition mandibulaire, à partir de Céphalométries®. ....	63

Figure 33 : exemple de tracé des ligne Ar-Pog et Ar'-Pog pour le mesure de la proportion contrebalançante mandibulaire.....	64
Figure 34 : Tableau qui répertorie les moyennes et les écarts-types des différentes variables de l'analyse de TWEED à T0 et à T1 pour le groupe traité et le groupe contrôle et la valeur « p » du test de student à T0 et à T1.....	67
Figure 35 : Tableau de résultats du test d'homogénéité de variances et du test de Student pour la comparaison des échantillons traités et contrôles à T1 .....	70
Figure 36 : Les esures de l'allongement de la diagonale mandibulaire dans le groupe traité et le groupe contrôle.....	71
Figure 37 : Mesure de la proportion contrebalançante mandibulaire et des composantes de croissance condylienne, dans le groupe traité.....	72
Figure 38 : Mesure de la proportion contrebalançante mandibulaire et des composantes de croissance condylienne, dans le groupe contrôle.....	73



## 9 BIBLIOGRAPHIE

---

- [1] AKNIN J, Morgon L, Boyer J. Effets des thérapeutiques sur la croissance mandibulaire. EMC Orthopédie Dentofaciale 23-498--10 2003.
- [2] AMORIC M. Appareillages et méthodes thérapeutiques. Généralités, choix et décisions. EMC Orthopédie Dentofaciale 23-490-10, 1999.
- [3] BACCETTI T, Franchi L, McNamara JA. The Cervical Vertebral Maturation (CVM) Method for the Assessment of Optimal Treatment Timing in Dentofacial Orthopedics. Semin. Orthod. 2005;11:119–129.
- [4] BARNETT GA, Higgins DW, Major PW, Flores-Mir C. Immediate Skeletal and Dentoalveolar Effects of the Crown- or Banded Type Herbst Appliance on Class II division 1 Malocclusion: A Systematic Review. Angle Orthod. 2008;78:361–369.
- [5] BEUKES J, Reyneke JP, Becker PJ. Medial pterygoid muscle and stylomandibular ligament: the effects on postoperative stability. Int. J. Oral Maxillofac. Surg. 2013;42:43–48.
- [6] BJÖRK A, Skieller V. Facial development and tooth eruption. An implant study at the age of puberty. Am. J. Orthod. 1972;62:339–383.
- [7] BURKHARDT DR, McNamara JA, Baccetti T. Maxillary molar distalization or mandibular enhancement: A cephalometric comparison of comprehensive orthodontic treatment including the pendulum and the Herbst appliances. Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop. 2003;123:108–116.
- [8] CALLABE E. PUL Concept-E learning. Available: <http://www.pulconcept.com>.
- [9] CASTELAIN C. Effet du PUL selon la divergence faciale, Lille. (2011).
- [10] CHICHE-UZAN L, Legall M, Salvadori H. Appareils amovibles à action orthopédique et à action orthodontique. EMC Médecine Buccale 28-655-V-10, 2009.
- [11] COULY G. Croissance cranio-faciale du fœtus et du jeune enfant. EMC - Pédiatrie - Mal. Infect. Artic. 4-014-C-50, 2002:1–10.
- [12] D'ANTO V, Bucci R, Franchi L, Rongo R, Michelotti A, Martina R. Class II functional orthopaedic treatment: a systematic review of systematic reviews. J. Oral Rehabil. 2015.
- [13] DARENDELILER MA. Validité des études cliniques randomisées pour l'évaluation des résultats des traitements de classe II. Orthod. Française 2007;78:303–315.

- [14] DIBBETS J. The puzzle of growth rotation. *Am. J. Orthod.* 1995;87:473–480.
- [15] DU X, Hagg U. Muscular Adaptation to Gradual Advancement of the Mandible. *Angle Orthod.* 2003;73:525–531.
- [16] DUNGLAS C. “Réponse mandibulaire” et sens vertical dans le traitement des malocclusions de classe II,1 d’Angle. Etude céphalométrique sur un échantillon de cas traités par activateur combiné à une FEO [Mémoire CECSMO]. Paris 5. (1998).
- [17] DUNGLAS C, Lautrou A. Orthopédie fonctionnelle. Activateurs de croissance. *EMC Orthopédie Dentofaciale* 23-494-10, 2002.
- [18] FELPETO B. La potentiel auxologique mandibulaire: un indicateur pronostique du traitement orthopédique des classes II. [Mémoire CECSMO]. Paris 7. (2012).
- [19] FRANCHI L, Baccetti T. Prediction of Individual Mandibular Changes Induced by Functional Jaw Orthopedics Followed by Fixed Appliances in Class II Patients. *Angle Orthod.* 2006;76:950–954.
- [20] FRANCHI L, Baccetti T, McNamara JA. Treatment and posttreatment effects of acrylic splint Herbst appliance therapy. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.* 1999;115:429–438.
- [21] GRABER L, Vanarsdall R. *Orthodontics: Current principles and techniques*. 5th ed. USA, 2012.
- [22] LE GUEDARD-GIRAULT I, Bédhet N, Manière-Ezvan A, Delaire J. Proposition d’une classification des classes II division 1 : contribution de l’analyse de Delaire. *Orthod. Française* 2000;71:267–276.
- [23] GUEZENEC P, Rollet D. L’élasto-Osamu II. *Rev. Orthopédie Dento-Faciale* 1992;26:189–197.
- [24] Indications de l’orthopédie dento-faciale et dento-maxillo-faciale chez l’enfant et l’adolescent. ANAES 2002. Available: [http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/orthodontie\\_rap.pdf](http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/orthodontie_rap.pdf).
- [25] JANSON G, Sathler R, Fernandes TMF, Zanda M, Pinzan A. Class II malocclusion occlusal severity description. *J. Appl. Oral Sci.* 2010;18:397–402.
- [26] KOLF J. Les classes II division 1. Historique et évolution des concepts. *EMC Médecine Buccale* 28-620-M-10 2008.
- [27] KOROLUK LD, Tulloch JFC, Phillips C. Incisor trauma and early treatment for Class II Division 1 malocclusion. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.* 2003;123:117–125.
- [28] LAUTROU A, Dunglas C, Vermelin L. L’analyse structurale L.D.V. Principes, méthode et interprétation. *J. Edgewise* 1999;39:35–51.

- [29] LAUTROU A, Salvadori A. Croissance et thérapeutique orthopédie ou orthodontie : que choisir ? *Orthod. Française* 2000;71:325–334.
- [30] MC NAMARA J. Neuromuscular and skeletal adaptations to altered function in the orofacial region. *Am. J. Orthod.* 1973;64:578–604.
- [31] MC NAMARA JA, Howe RP. Clinical management of the acrylic splint Herbst appliance. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.* 1988;94:142–149.
- [32] MONGINI F, Schmid W. Orthopédie cranio-mandibulaire et articulaire (ATM). 1992.
- [33] O'BRIEN K, Wright J, Conboy F. Effectiveness of early orthodontic treatment with the Twin-block appliance: A multicenter, randomized, controlled trial. Part 1: Dental and skeletal effects. *Am. J. Orthod.* 2003;124:234–243.
- [34] PETROVIC A, Oudet C, Gasson N. Effet des appareils de propulsion et de rétropropulsion mandibulaire sur le nombre des sarcomères en série du muscle ptérygoïdien externe et sur la croissance condylienne du jeune rat. *Orthod. Française* 1973;44:191–212.
- [35] PETROVIC A, Oudet C, Stutzmann J. Time-Dependent Effects of a Functional-Type Orthopedic Appliance on the Rat Mandible Growth. *Chronobiol Int* 1984;1:51–57.
- [36] PHAN KLD, Bendeus M, Hagg U, Hansen K, Rabie ABM. Comparison of the headgear activator and Herbst appliance effects and post-treatment changes. *Eur. J. Orthod.* 2006;28:594–604.
- [37] RABIE ABM, She TT, Hägg U. Functional appliance therapy accelerates and enhances condylar growth. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.* 2003;123:40.
- [38] RABIE ABM, Shum L, Chayanupatkul A. VEGF and bone formation in the glenoid fossa during forward mandibular positioning. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.* 2002;122:202–209.
- [39] RABIE ABM, Wong L, Tsai M. Replicating mesenchymal cells in the condyle and the glenoid fossa during mandibular forward positioning. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.* 2003;123:49–57.
- [40] RUF S, Pancherz H. Temporomandibular joint remodeling in adolescents and young adults during Herbst treatment: A prospective longitudinal magnetic resonance imaging and cephalometric radiographic investigation. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.* 1999;115:607–618.
- [41] SHEN G, Darendeliler A. Le remodelage adaptatif du cartilage condylien. De la chondrogenèse à l'ostéogenèse. *Rev. Orthopédie Dento-Faciale* 2008:89–104
- [42] TAVERNIER B, Boccara E, Azevedo C. Articulation dentodentaire et fonction occlusale. *EMC Med. Buccale* 28-005-J-10 2008:1–16.

[43] THIRUVENKATACHARI B, Harrison J, O'Brien K. Orthodontic treatment for prominent upper front teeth (Class II malocclusion) in children (Review). Cochrane Collab. 2013.



Les opinions émises dans les dissertations présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, sans aucune approbation, ni improbation de la Faculté de Chirurgie Dentaire.