

UNIVERSITE TOULOUSE III – PAUL SABATIER  
FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

---

ANNEE 2018

2018 TOU3 3024

THESE

POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement

par

Sidney LOTAUT

Né le 13 Mars 1990 à Fort-de-France

Le 31 mai 2018

APPORT DES MINIPLAQUES D'ANCRAGE DANS LE TRAITEMENT  
ORTHOPEDIQUE DES CLASSES III PAR HYPODEVELOPPEMENT  
MAXILLAIRE : ETAT DES LIEUX ET REVUE DE LA LITTERATURE.

Directeur de thèse : Dr. Pascal BARON

JURY

Président :	Professeur Frédéric VAYSSE
1er assesseur :	Docteur Pascal BARON
2ème assesseur :	Docteur Bruno COURTOIS
3ème assesseur :	Docteur Wei YAN-VERGNES





## *Faculté de Chirurgie Dentaire*

### ➔ DIRECTION

#### DOYEN

Mr Philippe POMAR

#### ASSESEUR DU DOYEN

Mme Sabine JONIOT

#### CHARGÉS DE MISSION

Mr Karim NASR

Mme Emmanuelle NOIRRIT-ESCLASSAN

Mr Franck DIEMER

#### PRÉSIDENTE DU COMITÉ SCIENTIFIQUE

Mme Cathy NABET

#### RESPONSABLE ADMINISTRATIF

Mme Muriel VERDAGUER

### ➔ HONORARIAT

#### DOYENS HONORAIRES

Mr Jean LAGARRIGUE +

Mr Jean-Philippe LODTER +

Mr Gérard PALOUDIER

Mr Michel SIXOU

Mr Henri SOULET

### ➔ ÉMÉRITAT

Mr Damien DURAN

Mme Geneviève GRÉGOIRE

Mr Gérard PALOUDIER

### ➔ PERSONNEL ENSEIGNANT

## Section CNU 56 : Développement, Croissance et Prévention

### 56.01 ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE et ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE (Mme BAILLEUL- FORESTIER)

#### ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE

Professeurs d'Université : Mme BAILLEUL-FORESTIER, Mr. VAYSSE

Maîtres de Conférences : Mme NOIRRIT-ESCLASSAN, Mme VALERA, Mr. MARTY

Assistants : Mme DARIES, Mme BROUTIN

Adjoint d'Enseignement : Mr. DOMINE, Mme BROUTIN, Mme GUY-VERGER

#### ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE

Maîtres de Conférences : Mr BARON, Mme LODTER, Mme MARCHAL, Mr. ROTENBERG,

Assistants : Mme YAN-VERGNES, Mme ARAGON

Adjoint d'Enseignement : Mme DIVOL,

### 56.02 PRÉVENTION, ÉPIDÉMIOLOGIE, ÉCONOMIE DE LA SANTÉ, ODONTOLOGIE LÉGALE (Mr. HAMEL)

Professeurs d'Université : Mr. SIXOU, Mme NABET, Mr. HAMEL

Maître de Conférences : Mr. VERGNES,

Assistant : Mr. ROSENZWEIG,

Adjoints d'Enseignement : Mr. DURAND, Mlle. BARON, Mr LAGARD

## **Section CNU 57 : Chirurgie Orale, Parodontologie, Biologie Orale**

### **57.01 CHIRURGIE ORALE, PARODONTOLOGIE, BIOLOGIE ORALE** (Mr. COURTOIS)

#### **PARODONTOLOGIE**

Maîtres de Conférences : Mr. BARTHET, Mme DALICIEUX-LAURENCIN  
 Maître de Conférences Associée : Mme VINEL  
 Assistants : Mr. RIMBERT, Mr. ANDUZE-ACHER  
 Adjoints d'Enseignement : Mr. CALVO, Mr. LAFFORGUE, Mr. SANCIER, Mr. BARRE, Mme KADDECH

#### **CHIRURGIE ORALE**

Maîtres de Conférences : Mr. CAMPAN, Mr. COURTOIS, Mme COUSTY  
 Assistants : Mme COSTA-MENDES, Mr. BENAT  
 Assistante Associée : Mme GEORG,  
 Adjoints d'Enseignement : Mr. FAUXPOINT, Mr. L'HOMME, Mme LABADIE, Mr. RAYNALDI,

#### **BIOLOGIE ORALE**

Professeur d'Université : Mr. KEMOUN  
 Maîtres de Conférences : Mr. POULET, Mr. BLASCO-BAQUE  
 Assistants : Mr. LEMAITRE, Mr. TRIGALOU, Mme. TIMOFEEVA, Mr. MINTY  
 Adjoints d'Enseignement : Mr. PUISSOCHET, Mr. FRANC, Mr. BARRAGUE

## **Section CNU 58 : Réhabilitation Orale**

### **58.01 DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE, PROTHESES, FONCTIONS-DYSFONCTIONS, IMAGERIE, BIOMATERIAUX** (Mr. ARMAND)

#### **DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE**

Professeur d'Université : Mr. DIEMER  
 Maîtres de Conférences : Mr. GUIGNES, Mme GURGEL-GEORGELIN, Mme MARET-COMTESSE  
 Assistants : Mr. BONIN, Mme. RAPP, Mr. MOURLAN, Mme PECQUEUR, Mr. DUCASSE, Mr. FISSE  
 Adjoints d'Enseignement : Mr. BALGUERIE, Mr. MALLET, Mme FOURNIER

#### **PROTHÈSES**

Professeurs d'Université : Mr. ARMAND, Mr. POMAR  
 Maîtres de Conférences : Mr. CHAMPION, Mr. ESCLASSAN, Mme VIGARIOS, Mr. DESTRUHAUT  
 Assistants : Mr. EMONET-DENAND, Mme. SELVA, Mr. LEMAGNER, Mr. HENNEQUIN, Mr. CHAMPION,  
 Adjoints d'Enseignement : Mr. BOGHANIM, Mr. FLORENTIN, Mr. FOLCH, Mr. GALIBOURG, Mr. GHRENASSIA, Mme LACOSTE-FERRE, Mr. POGÉANT, Mr. GINESTE, Mr. LE GAC, Mr. GAYRARD, Mr. COMBADAZOU, Mr. ARCAUTE, Mme DE BATAILLE,

#### **FONCTIONS-DYSFONCTIONS, IMAGERIE, BIOMATERIAUX**

Maîtres de Conférences : Mme JONJOT, Mr. NASR, Mr. MONSARRAT  
 Assistants : Mr. CANCEILL, Mme. GARNIER, Mr. OSTROWSKI  
 Adjoints d'Enseignement : Mr. AHMED, Mme MAGNE, Mr. VERGÉ, Mme BOUSQUET

## REMERCIEMENTS

A l'ensemble du corps enseignant de Toulouse et Bordeaux.

Pr Boileau, votre investissement au sein de l'internat d'Orthopédie Dento-Faciale, en particulier en région sud-ouest, force mon admiration.

Dr Lodter, votre sens clinique et vos précieux conseils auront marqué notre internat, vous avez mon plus profond respect.

Dr Marchal, j'ai eu le plaisir de vous côtoyer pendant ces trois années, je vous en remercie.

Dr Rotenberg, pour votre engagement auprès des internes.

Julie, le vendredi aura été riche en partage de connaissances, un grand merci.

A tout le personnel hospitalier, en particulier Anne-Marie ; Charline ; Pascale ; Elisabeth ; Vanessa ; Ahmed ... un grand merci pour votre aide précieuse. A mes co-internes.

A Judith, pour tes fabuleuses qualités humaines, merci de m'avoir permis de faire mes premiers pas orthodontiques au sein de ton cabinet.

A la mémoire de ma grand-mère, feu mamie Julie, femme de poigne, ton courage est dans mes gènes. Ton parcours mérite reconnaissance absolue. Ni dé bagay ki pli solid : bwa doubout é fanm kouché. Tu resteras à jamais dans mon cœur. Je t'aime.

A ma mère, femme « potomitan », ton amour et ton sacrifice ont su nous élever dans les hautes sphères. Le parcours de tes fils n'est que le reflet substantiel de ton intelligence et de ta beauté. Sans ton courage et ton soutien lors de ma leucémie, je n'aurais pas été là.

« Quant au Soleil, un Soleil de frontière / il cherche le poteau-mitan autour duquel faire tourner pour qu'enfin l'avenir commence » Aimé Césaire, *sans instance ce sang*.

A mon frère, Geoffrey, merci pour ton soutien indéfectible et ton amour fraternel. L'unique.

A ma marraine, tatie Yeyette, ta bonté est une qualité dont j'ai la chance de bénéficier.

A tous mes oncles et tantes. A mes cousins. A ma grand-mère et ma famille paternelles.

Kévy, mon ami littéraire, ta folie douce m'inspire : puissent nos pérégrinations passées n'être que l'once de celles futures. A Cédric, un ami d'exception, un confrère. A Ralph, pour ton soutien moral. A Astrid, pour nos soirées folles. A Steeve, pour notre goût partagé du voyage. A tous ceux que je n'ai pas pu citer et avec qui je vis de merveilleux moments.

**A notre président de jury,**

**Monsieur le Professeur Frédéric VAYSSE,**

- Professeur des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Chef du Service d'Odontologie,
- Chef adjoint du pôle CVR,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Docteur de l'Université Paul Sabatier,
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier,
- Diplôme d'Etudes Approfondies en Imagerie et Rayonnement en Médecine,
- Habilitation à Diriger les Recherches (HDR),

*Vous nous faites l'honneur de présider notre jury de thèse,*

*Votre engagement au sein de notre faculté force l'admiration.*

*Veillez trouver ici l'expression de notre profond respect et de notre très grande reconnaissance.*

**A notre directeur de thèse,**

**Monsieur le Docteur Pascal BARON,**

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire.
- Docteur de l'Université Paul Sabatier,
- MBH en Biomathématiques,
- Enseignant-chercheur au CNRS (UMR 5288) – Laboratoire d'Anthropologie (équipe imagerie),
- Spécialiste qualifié en Orthopédie-Dento-Faciale,
- Responsable de la sous-section d'Orthopédie Dento-Faciale,

*Nous vous remercions d'avoir accepté de diriger nos travaux,  
Vos conseils avisés nous ont permis, nous l'espérons, de fournir un travail de qualité.*

*L'étendue de vos connaissances ainsi que la rigueur de votre pratique clinique permettent de  
défendre de notre belle spécialité.*

*Vous avez été un soutien précieux lors de notre internat.  
Nous resterons toujours avides de « Baronnettes ».*

**A notre jury de thèse,**

**Monsieur le Docteur Bruno COURTOIS,**

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Diplôme d'Etudes Supérieures en Chirurgie Buccale,
- D.E.A. Rayonnement et Imagerie en Médecine,
- CES Odontologie Chirurgicale,
- CES de Prothèse Dentaire, option : Prothèse maxillo-faciale,
- Maîtrise de Sciences Biologiques et Médicales,
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier,

*Nous vous remercions d'avoir accepté de siéger à notre jury de thèse.*

*Nous savons vos compétences et votre savoir aussi bien dans votre spécialité que dans  
l'ensemble de la pratique de l'art dentaire.*

*Veillez trouver ici l'expression de notre plus grand respect.*

**A notre jury de thèse,**

**Madame le Docteur Wei YAN-VERGNES,**

- Assistante hospitalo-universitaire d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Master Sciences de la Vie et de la Santé – Recherche, mention : Santé Publique, spécialité : Ethique,
- CES : mention : O.D.F.,
- Certificat d'Etudes Cliniques Spéciales Mention : Orthodontie (CECSMO),

*Vous avez accepté de siéger au sein de notre jury de thèse, nous vous en remercions.*

*Votre sens clinique et votre investissement au sein de notre internat force l'admiration.  
Votre dynamisme ainsi que votre dévouement nous ont permis une progression certaine.*

*Votre prochain départ laissera un vide en clinique et nous vous souhaitons une belle carrière.*

*Nous ne tarissons pas d'éloges à votre égard.*

## TABLE DES MATIERES

<b>Introduction.....</b>	<b>14</b>
<b>Partie I : Les classes III et leur traitement orthopédique : données actuelles.....</b>	<b>15</b>
<b>1.1. Traitement traditionnel orthopédique des classes III.....</b>	<b>15</b>
1.1.1. Introduction.....	15
1.1.2. Historique.....	16
1.1.3. Les différentes formes cliniques des classes III.....	17
1.1.4. Le moment du traitement.....	18
1.1.5. Le masque de Delaire.....	19
1.1.5.1. Modifications immédiates.....	20
1.1.5.2. Modifications secondaires.....	21
1.1.6. Aspects biomécaniques.....	22
1.1.6.1. Problématique biomécanique.....	22
1.1.6.2. Les quatre composants du système de force selon Nanda.....	24
<b>1.2. Les miniplaques d'ancrage.....</b>	<b>27</b>
1.2.1. Historique.....	27
1.2.2. Caractéristiques des miniplaques.....	29
1.2.2.1. Description d'une miniplaque.....	29
1.2.2.2. Dimensions des miniplaques.....	30
1.2.3. Avantages et inconvénients (par rapport aux minivis).....	31
1.2.4. Aspects économiques du matériel.....	31
1.2.5. Contre-indications générales et locales.....	31

1.2.6.	Choix du site d'insertion.....	32
1.2.7.	Protocole de mise en place.....	33
1.2.8.	Planification du plan de traitement.....	36
1.2.9.	Complications opératoires.....	37
1.2.10.	Perceptions des patients et des opérateurs.....	37
1.3.	La protraction maxillaire avec miniplaques d'ancrage.....	39
1.3.1.	Introduction aux nouveaux protocoles.....	39
1.3.2.	Focus sur le site d'insertion des miniplaques dans la protraction maxillaire.....	42
1.3.3.	La durée du traitement.....	42
1.3.4.	Choix des élastiques.....	43
1.3.5.	Direction de traction.....	43
1.3.6.	Efficacité des miniplaques d'ancrage dans le traitement orthopédique des classes III.....	44
1.3.7.	Le protocole FM/MP (masque facial sur miniplaques) en comparaison aux techniques traditionnelles.....	47
1.3.8.	Le protocole BAMP (tractions intermaxillaires sur miniplaques) en comparaison aux techniques traditionnelles.....	52
1.3.9.	Apport des protocoles de protraction maxillaire modifiés.....	55
1.3.9.1.	Tractions intermaxillaires de classe III reliant un disjoncteur maxillaire et deux miniplaques mandibulaires.....	55
1.3.9.2.	Une seule miniplaque à la mandibule.....	57
1.3.9.3.	Combinaison d'un disjoncteur maxillaire à ancrage osseux avec une seule miniplaque mandibulaire.....	59
1.3.9.4.	L'apport des corticotomies combinées aux miniplaques.....	60
1.3.10.	Considérations fonctionnelles du traitement.....	62

<b>Partie II : La protraction maxillaire avec miniplaques d’ancrage : analyse systématique de revues de la littérature et méta-analyses.....</b>	<b>64</b>
2.1. Contexte.....	64
2.2. Objectifs.....	67
2.3. Matériel et méthodes.....	67
2.3.1. Critères d’inclusion.....	67
2.3.2. Critères de jugement.....	67
2.3.3. Méthode de recherche des études.....	68
2.3.4. Collecte des données et analyse.....	71
2.4. Résultats.....	72
2.4.1. Description des études.....	72
2.4.2. Qualité des études incluses.....	73
2.4.3. Effets des interventions.....	78
2.4.3.1. Effets squelettiques.....	78
2.4.3.1.1. Avancée maxillaire.....	78
2.4.3.1.2. Impact sur le sens vertical.....	79
2.4.3.1.3. Modifications mandibulaires.....	80
2.4.3.2. Effets dento-alvéolaires.....	80
2.4.3.2.1. L’axe de l’incisive maxillaire.....	80
2.4.3.2.2. Déplacement de la molaire maxillaire.....	81
2.5. Discussion.....	82

<b>Partie III : Cas clinique.....</b>	<b>86</b>
<b>3.1. MA.J. 10 ans 6 mois.....</b>	<b>86</b>
3.1.1. Examen clinique exo-buccal.....	86
3.1.2. Examen clinique endo-buccal.....	86
3.1.3. Examen fonctionnel.....	86
<b>3.2. Examens complémentaires.....</b>	<b>88</b>
<b>3.3. Diagnostique synthétique.....</b>	<b>89</b>
<b>3.4. Plan de traitement.....</b>	<b>90</b>
<b>3.5. Suivi de traitement.....</b>	<b>90</b>
<b>3.6. Réévaluation radiographique.....</b>	<b>92</b>
<b>3.7. Discussion.....</b>	<b>97</b>
<b>Discussion.....</b>	<b>98</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>102</b>
<b>Table des illustrations.....</b>	<b>103</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>105</b>

## INTRODUCTION

Les classes III représentent depuis le début de la discipline orthodontique un défi thérapeutique pour le praticien. Leur étiopathogénie est complexe puisqu'elles peuvent être à la fois héréditaires ou fonctionnelles. Faisant souvent l'objet d'une récurrence, le recours à la chirurgie orthognatique reste alors la seule option.

De nombreux appareils ont été proposés tels que le Frankël III, la fronde occipito-mentonnaire, le masque de Delaire, les activateurs (Weise ; à barrette de prognathe).

Le masque de Delaire à ancrage dentaire demeure le traitement orthopédique des classes III par hypodéveloppement maxillaire le plus utilisé par les praticiens (1) bien que faisant de plus en plus face au manque d'observance du patient. Néanmoins, Il ne s'agit pas d'une action orthopédique pure et des effets parasites tels que les compensations alvéolaires, l'augmentation de la dimension verticale, compromettent la stabilité du traitement et limitent l'efficacité orthopédique avec des effets secondaires inacceptables.

Dès l'an 2000, Melsen (2) popularise l'utilisation des minivis comme dispositifs d'ancrages temporaires. Kircelli (3) en 2008 et De Clerck (4) en 2009 ont proposé l'utilisation de l'ancrage squelettique pour la protraction maxillaire. Depuis une dizaine d'années, de nouvelles stratégies de traitement des classes III sont donc apparues avec l'avènement des miniplaques d'ancrage. En effet, l'ancrage squelettique tend à maximiser l'effet squelettique tout en réduisant les effets alvéolaires chez les patients en croissance. Le principe biomécanique permet d'être au niveau du centre de résistance de l'os à traiter.

L'objectif de cette thèse est d'évaluer l'apport de l'ancrage squelettique, en particulier des miniplaques d'ancrage, dans le traitement orthopédique des classes III par hypodéveloppement maxillaire tant au niveau qualitatif que de la quantité de la correction.

Ce travail sera constitué de deux parties : dans un premier temps, un état des lieux concernant le traitement orthopédique des classes III sera effectué au niveau de l'utilisation des miniplaques ainsi que des différentes combinaisons de traitement. Dans un second temps, une revue systématique de méta-analyses et revues de la littérature sera réalisée afin de tenter d'en extraire l'intérêt et les indications de ce type de traitement.

# **PARTIE I : LES CLASSES III ET LEUR TRAITEMENT ORTHOPEDIQUE : DONNEES ACTUELLES.**

## **1.1. Traitement traditionnel orthopédique des classes III.**

### **1.1.1 Introduction**

Le décalage créé entre les bases osseuses a de multiples expressions anatomiques. Les classes III squelettiques représentent un syndrome. Leur incidence varie selon le type de population : environ 5% chez les Caucasiens mais entre 9% et 19% chez les Asiatiques. (5) Chez un enfant, une malocclusion de classe III mérite une attention particulière étant donnée son incidence sur l'esthétique, la fonction, l'occlusion et l'aspect psychosocial. Des études reportent qu'au niveau de la population générale, les profils prognathes sont perçus de façon plus négative que les profils rétrognathes (6,7). Attendre la chirurgie à l'âge adulte implique des désordres psychologiques liés à la perception de l'esthétique faciale.

Les résultats du traitement sont non seulement dus à la typologie de la classe III, sa sévérité et son étiologie mais aussi à l'âge à laquelle elle est traitée. Le type d'appareillage utilisé et la coopération du patient son également des facteurs à prendre en compte.

La protraction maxillaire est un traitement assez développé dans l'arsenal thérapeutique des orthodontistes mais ils se heurtent souvent à la coopération du patient, aux limites de la protraction (2 à 3 mm en 9 à 12 mois), aux effets parasites dento-alvéolaires et au risque de récurrence dû à la croissance mandibulaire résiduelle tardive. (8-12)

### 1.1.2. Historique

Angle est le premier à avoir proposé une classification des dysmorphies en trois classes. Selon lui, une classe III est une « occlusion mésiale de la mâchoire et de l'arcade inférieures, telle qu'elle est indiquée par l'occlusion des premières molaires mandibulaires au moment de leur éruption ».

Cela implique la permanence de la position des molaires par rapport à leurs bases osseuses et la stabilité du maxillaire.

Ainsi, Izard (13) a individualisé trois formes de classe III en fonction du siège et de la nature des anomalies squelettiques : arrêt du développement du maxillaire, prognathie mandibulaire ou association des deux.

La « multiplicité » des classes III a fait l'objet de plusieurs études céphalométriques et a été confirmée par celles de Jacobson (14), Sanborn (15), Dietrich (16), Ellis et McNamara (17) et Delaire (18). Toutes ces études ont confirmé la prédominance des rétromaxillies par rapport aux protrusions mandibulaires.

Parmi les traitements classiques, le masque facial, la fronde mentonnière ou autre appareil fonctionnel ont longtemps fait partie de l'arsenal thérapeutique traditionnel. (19,20)

Cependant, selon Proffit (21), « la plupart des appareils fonctionnels (Fränkel 3, fronde mentonnière) n'ont pas d'action sur la taille du maxillaire mais ils corrigent la malocclusion en versant vestibulairement les incisives maxillaires et en rétractant les incisives mandibulaires ».

Les modifications obtenues par les traitements fonctionnels, autre que le masque, agissent donc essentiellement sur les procès alvéolaires.

Dès lors, le traitement classique des classes III a été le masque de Delaire en 1971 (22) mais n'en demeure pas moins exempt d'effets parasites dento-alvéolaires et squelettiques.

### 1.1.3. Les différentes formes cliniques des classes III

La classe III est un syndrome regroupant des affections ayant le même type de malocclusion avec des causes différentes.

Les dysmorphoses de classe III peuvent être dues à des syndromes malformatifs mais sont aussi typologiques, c'est-à-dire constitutionnelles, familiales, ethniques, individuelles, héréditaires ou dysfonctionnelles (23). Ainsi, tous les constituants squelettiques crânio-faciaux doivent être pris en compte afin d'analyser chaque cas en particulier.

La classe III de Ballard peut être due soit à un hypodéveloppement maxillaire ou à une rétrognathie maxillaire, soit à une prognathie mandibulaire ou une combinaison des deux (17,24).

Outre le diagnostic clinique avec le visage typique des rétromaxillies. Ce diagnostic, confirmé par la radiographie, repose sur l'analyse architecturale et oriente sur l'étiologie.

#### Analyse architecturale de Delaire : extrait de Vesse (25) :

Une étude multicentrique de Delaire (22) a intégré la notion de valeur architecturale comparée aux mesures traditionnelles. Ces dernières étaient les angles SNA-SNB. Les résultats obtenus ont été très comparables à ceux des autres statistiques. Neuf associations maxillo-mandibulaires les plus fréquentes ont été retrouvées comme dénombrées par Ellis et McNamara (17). Il est à noter que chez l'adolescent et l'adulte jeune, le nombre de protrusions mandibulaires augmente, notamment lors de la puberté. Une aggravation des promandibulies avec l'âge comme signalée auparavant par Björk (26), Graber.

Puis, tous les cas de l'étude multicentrique ont été étudiés par analyse architecturale. Elle a permis d'étudier plus exactement l'orientation du maxillaire (angle C1/f1M au lieu de SNA), objectivant les déformations alvéolaires de la région du point A et les dimensions réelles de la mandibule.

L'angle C1/f1M est l'angle anatomique entre la base du crâne et le maxillaire :  $f1M = fm - Np$  avec fm centre de l'extrémité supérieure du processus frontal du maxillaire et Np bord antérieur de l'orifice du canal naso-palatin.

Cette analyse a également permis d'analyser les autres facteurs pouvant contribuer à la constitution des classes III : forme du crâne (typologie faciale), la hauteur du maxillaire, les dimensions et orientations du ramus et du corpus mandibulaire, la hauteur de l'étage inférieur de la face, le niveau et l'orientation du plan d'occlusion, les déplacements et versions alvéolodentaires.

Delaire conclut à une très grande prédominance de la rétromaxillie (75,56%), plus nette qu'en utilisant SNA (64,75%) et à la fréquence de la bascule en avant du ramus avec ouverture de l'angle mandibulaire.

Dans la plupart des cas, la longueur mandibulaire n'est pas augmentée : cela montre l'importance des déformations mandibulaires et de l'autorotation mandibulaire antérieure généralement d'origine fonctionnelle dans le déterminisme des classes III.

Nous nous attarderons donc sur les classes III par hypodéveloppement maxillaire. De plus, la plupart des cas non chirurgicaux, orthopédiques, le traitement se base sur une avancée maxillaire.

Dans la littérature, l'anomalie la plus fréquente est la rétrognathie maxillaire, près de la moitié des classes III y sont dues (17) ; la protraction maxillaire étant donc le traitement de choix.

#### **1.1.4. Le moment du traitement**

A propos de la croissance faciale, les travaux de Delaire (22) ont pour origine les conceptions de son maître Lebourg (27) pour qui les sutures membraneuses jouent un rôle fondamental dans la morphologie crâniofaciale normale et pathologique et dont la physiologie permet le traitement des dysmorphoses.

Une parfaite connaissance de la croissance des maxillaires est requise pour traiter correctement une classe III selon que l'on soit en début ou en fin de croissance (28). Le moment critique pour traiter les classes III n'est pas en denture mixte mais pendant la période du pic de croissance par rapport à la croissance mandibulaire. La protraction maxillaire devrait être poursuivie jusqu'à la fin de ce pic.

De façon traditionnelle, les recommandations incitent à débiter la protraction maxillaire en début de denture mixte (environ 8 ans) afin de réaliser le maximum d'effet squelettique, puisque la réponse suturale diminue avec l'âge.

Cependant, avec l'avènement de l'ancrage squelettique, le traitement peut commencer à un âge plus tardif, aux environs de 10 ans, quand les caractéristiques de l'os permettent un placement optimisé et une meilleure stabilité (29–32).

Le moment du traitement fait toujours débat puisque des résultats discordants sont retrouvés dans la littérature en fonction de l'âge (33,34). Certaines études reportent de meilleurs résultats avec une utilisation précoce du masque facial (11,12), d'autres non (8,34).

Kim et al. (12) ont évalué les effets du traitement dans différents groupes d'âge : de 4 à 10 ans et de 10 à 15 ans. Tous les effets squelettiques étaient plus marqués dans le groupe le plus jeune. A contrario, une autre étude sur des sujets coréens (8) n'a pas trouvé de différence entre les trois groupes d'âge analysés.

#### **1.1.5. Le masque de Delaire**

L'équipe de Delaire a introduit le concept du masque facial afin de traiter les malocclusions de classe III.

Le principe du masque de Delaire est d'appliquer une force lourde au niveau de la face moyenne afin d'avancer le maxillaire. L'efficacité de la protraction sur masque a été démontrée par plusieurs études (35,36), démontrant que l'application d'une force antérieure au maxillaire provoque la dissociation des sutures maxillaires par résorption/apposition au niveau des interfaces suturales.

La protraction maxillaire à appui dentaire est le traitement traditionnel utilisé pour le traitement orthopédique des classes III par stimulation de l'apposition osseuse au niveau des sutures du prémaxillaire en appliquant une force à leur niveau. (3)

Les mécaniques traditionnelles tentent donc de minimiser les effets dento-alvéolaires en s'ancrant sur plusieurs dents (37) et en affaiblissant les sutures maxillaires avec la disjonction maxillaire. (12)

Bien que sujette à controverse (38), la disjonction maxillaire est recommandée afin d'améliorer la réponse maxillaire de la protraction. (9) Le système Alt-RAMEC (Alternative Rapide Maxillary Expansion and Constriction) a donc été développé pour désarticuler les sutures péri-maxillaires. Au moins 12 à 15 mm d'expansion sont requis (39), l'Alt-RAMEC évite ainsi l'excès d'expansion du maxillaire par rapport à la mandibule. (40–43)

Vesse (25) distingue les modifications immédiates des modifications secondaires structurales.

#### 1.1.5.1. Modifications immédiates

Le maxillaire change d'orientation par rapport à la base du crâne : l'angle C1/f1m peut varier de 1 à 4° avec des variations plus importantes avant 9 ans. La longueur de la base du maxillaire ENA-ENP peut s'allonger de 3 mm en moyenne. Le traitement orthopédique permet donc un gain de place au niveau de la tubérosité.

A la mandibule : la croissance condylienne est freinée. Un abaissement et recul de la mandibule accompagne la fermeture de l'angle goniale.

Selon lui, une rotation horaire du plan d'occlusion et une amélioration de l'axe des incisives maxillaires favorisent un équilibre occlusal tout en accompagnant la croissance du prémaxillaire et par extension, du squelette facial.

### 1.1.5.2. Modifications secondaires

Les modifications secondaires structurales sont la conséquence de l'activité de nouvelles fonctions orofaciales (44):

- A la base du crâne : changement d'orientation entre le clivus occipital et le sphénoïdal.
- Au maxillaire : un pilier canin plus dense du fait de la fonction incisivocanine retrouvée. Un remodelage alvéolaire du point A avec modification de la courbure de l'orifice piriforme. Un développement des sinus maxillaires et frontaux.
- A la mandibule : un changement de la direction de croissance du condyle par verticalisation (rotation antérieure). Un remodelage de la concavité symphysaire.

Aussi, une normalisation des fonctions telles que la mastication, la déglutition, la ventilation et la phonation est-elle retrouvée.

Avec l'âge, les sutures présentent des inter-digitations de plus en plus importantes.

Comme vu précédemment, ce traitement implique un âge limite et une prise en charge des patients avant 10 ans pour un traitement optimal. (12). Son efficacité dépend en grande partie de la coopération des patients pour le port d'un dispositif particulièrement encombrant. Le taux de succès rapporté n'est que de 70 % sans réel bénéfice psychosocial (45). Quant à la stabilité à long terme, une étude de Masucci et al. (46) sur le long terme a démontré que les différences obtenues au niveau des maxillaires entre les groupes traités et témoins, disparaissaient après 8 ans et demi de suivi alors qu'il s'agissait d'un protocole couplant l'expansion maxillaire rapide au masque de Delaire.

Aussi cette technique apparaît-elle contre-indiquée chez les patients hyperdivergents, chez les patients présentant un déficit maxillaire modéré à sévère, des agénésies dentaires multiples, des compensations dento-alvéolaires initialement marquées (45,47). Jusqu'alors une solution de compromis ou l'anticipation d'une chirurgie était choisies.

### 1.1.6. Aspects biomécaniques :

#### 1.1.6.1. Problématique biomécanique

Le changement squelettique obtenu s'accompagne d'effets parasites dento-alvéolaires (11,48) tels que l'égression et la mésialisation des molaires maxillaires, la vestibuloversion des incisives maxillaires, limitant la quantité de changement orthopédique (Kokich) (49) notamment par rapport à la présence du ligament parodontal.

D'autres effets, désirés ou non, sont retrouvés avec l'ancrage dentaire tels qu'une avancée maxillaire s'accompagnant d'un mouvement de rotation antihoraire, d'une rotation horaire de la mandibule avec augmentation de l'angle mandibulaire et de la hauteur faciale antérieure et d'une linguoversion des incisives mandibulaires. (8,11,50) (Figure 1)

Des auteurs estiment que 70% de la correction sagittale est due aux modifications squelettiques et 30% aux effets dento-alvéolaires. (9,30–32)

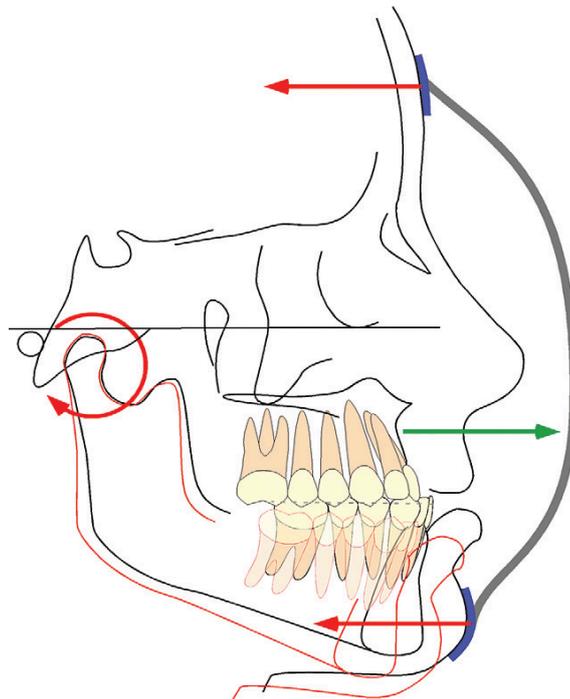


Fig 1 : « Diagramme de forces d'un appareil de protraction maxillaire sur élastiques intraoraux. Notons le moment horaire provoqué au niveau de la face moyenne provoquant une rotation en bas et en arrière de la mandibule », Vesse (25) "Les classes III squelettiques" EMC, 1999.

Delaire et al. (18) utilisaient des élastiques à partir des molaires jusqu'au masque. La commissure labiale limitait ainsi la possibilité de modifier le point d'application de la force afin d'obtenir un mouvement de protraction maxillaire prédictible.

En 1980, Nanda et al. (51) ont modifié le masque de Delaire en se basant sur des concepts biomécaniques par addition d'un arc en U à branches internes et externes.

En effet, la direction de la protraction maxillaire peut être modifiée par modification de la direction et du point d'application de la force.

Premièrement, il s'agit de transmettre la force aux sutures du maxillaire et donc de stabiliser le maxillaire en une unité (disjoncteur sur bagues, plan de morsure en résine...) puis l'utilisation d'un arc en U couplé au masque de Delaire permet l'ajustement vertical de l'arc et donc de la direction et du point d'application de la force.

### 1.1.6.2. Les quatre composants du système de force selon Nanda :

- La direction et le point d'application de la force :** il considère la direction de la force comme le point le plus important. Nanda et Hickory (52) ont supposé après expériences que le centre de résistance du maxillaire se situait 5 à 10 mm sous l'orbite au niveau de l'os zygomatique (Figure 2). Tanne et al. (53,54) le place entre les racines des prémolaires maxillaires. Pour les patients hypodivergents il s'agit d'appliquer une force en dessous du centre de résistance du maxillaire afin de provoquer une rotation en bas et en arrière de la mandibule. Une direction proche du centre de résistance du maxillaire provoque une translation de celui-ci, indiqué chez les patients hyperdivergents afin de contrôler le sens vertical. Une fronde mentonnière peut être ajoutée chez les patients très hyperdivergents voire présentant une béance.

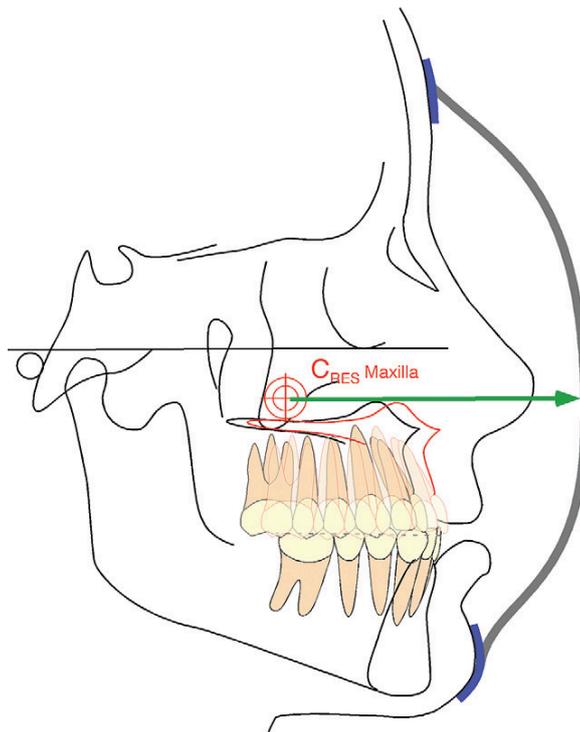


Fig 2 : « Représentation schématique de la ligne d'application de la force passant par le centre de résistance du maxillaire, résultant en un mouvement de translation du maxillaire. La localisation précise du centre de résistance est difficile mais la plupart des études place la zone 5 à 10 mm en dessous de l'orbite » Vesse (25) "Les classes III squelettiques" EMC, 1999.

- **La magnitude** : les sutures, notamment ptérygo-maxillaires, naso-maxillaires et zygomatoco-maxillaires présentent de plus en plus d'inter-digitations avec l'âge, ainsi il préconise 200 à 250 g par côté de 5 à 8 ans, 300 à 450 g par côté de 8 à 11 ans et 450 à 600 g à partir de 12 ans mais conseille de commencer avec des forces légères puis d'augmenter progressivement.
- **La durée** : de 3 à 12 mois cependant la coopération du patient devient difficile au-delà de 6 mois. Un port de 12h par jour voire jusqu'à 16h en cas de prise en charge tardive est recommandé.
- **Une force continue** : appliquée au niveau de l'arc externe du masque facial, elle doit être mesurée au début de traitement et le patient doit être informé du besoin de changement fréquent des élastiques.

Néanmoins, l'ancrage dentaire ne permet pas d'orienter correctement la force au niveau du maxillaire par rapport à son centre de résistance. (8,55)

Ces effets ont donc tendance à provoquer une rotation en bas et en arrière de la mandibule, les changements s'accompagnant le plus souvent d'une croissance horizontale de la mandibule plus marquée et donc un risque accru de récurrence de l'articulé croisé antérieur ; (56–58) même si la fermeture de l'angle mandibulaire a été trouvée dans quelques études. (59,60)

Afin de contrer la rotation antihoraire du maxillaire, plusieurs sites d'application de la force ont été utilisés. (49,61,62) : la région canine, prémolaire et des molaires déciduales. La partie extra-orale de ces dispositifs étant volumineuse, ils n'ont pas été largement employés.

En 2002, Keles et al. (63) évalue les effets de la variation de la direction de la force sur la protraction maxillaire.

Ils incluent 20 patients classe III par rétrognathie maxillaire. Dans le groupe 1 (9 patients, 8,58 ans) une force intra-orale est appliquée au niveau de la région canine avec une direction en bas et en avant de 30° par rapport au plan d'occlusion. Dans le groupe 2 (11 patients, 8,51 ans), une force extra-orale 20 mm au-dessus du plan d'occlusion.

Dans le groupe 1, une rotation horaire a accompagné l'avancée maxillaire alors que dans le groupe 2 l'avancée maxillaire s'est réalisée en translation.

On observe aussi des différences au niveau du plan d'occlusion maxillaire avec une rotation horaire dans le groupe 2.

Une légère vestibuloversion des incisives maxillaires dans le groupe 1 alors qu'une palatoversion ainsi qu'une extrusion ont été retrouvées dans le groupe 2.

Ils concluent que l'application de la force près du centre de résistance du maxillaire dans le groupe 1 permet d'éviter les effets parasites tels que la rotation antihoraire du maxillaire. La méthode du groupe 2 peut être réservée pour les classes III avec une béance antérieure.

Malgré tout, le masque facial en technique traditionnelle demeure le traitement le plus utilisé pour le traitement précoce et très précoce des dysmorphoses de classes III d'origine maxillaire. Selon certains auteurs, son action est la plus efficace lorsqu'il est employé en denture mixte c'est-à-dire à partir de 4 à 5 ans jusqu'à 9 ans (64–66), les sutures maxillaires ayant une meilleure réponse orthopédique à la protraction. (4)

En 2017, dans une méta-analyse et revue de la littérature, Woon et al. (1) concluent qu'aucune étude ne confirme que les résultats obtenus par l'orthopédie des classes III par masque facial restent stables à long terme. De plus, étant donné que les changements squelettiques ne sont que de quelques degrés, ils concluent que ce type de traitement conventionnel ne procure pas de réel bénéfice psychosocial.

L'intérêt de l'utilisation d'un ancrage squelettique qui permettrait de se situer au plus proche du centre de résistance du maxillaire, sans effets parasites dento-alvéolaires et avec une meilleure réponse squelettique, apparaît alors nécessaire.

## **1.2. Les miniplaques d'ancrage**

### **1.2.1. Historique**

Les miniplaques ont été initialement proposées par MICHELET et al. en 1973 (67) et CHAMPY et al. en 1978 (68) en chirurgie maxillo-faciale pour le BIM (Blocage Inter-Maxillaire) lors de la chirurgie orthognatique en remplacement des fils d'ostéosynthèse. En titane, fines, malléables mais stables, elles permettaient stabilisation des fragments et ostéosynthèse avec diminution des effets iatrogènes.

En 1985, JENNER et FITZPATRICK (69), ont utilisé les miniplaques, initialement d'ostéosynthèse, dans un cas de distalisation molaire pour ancrage orthodontique.

Les miniplaques ont ensuite eu leurs indications précises depuis la dernière décennie par SUGAWARA et DE CLERCK dans la gestion de mouvements dentaires complexes (ingression/distalisation en masse par exemple).

En effet, leurs applications en orthodontie se sont développées dès 1998 par l'équipe japonaise de SUGAWARA avec leur système SAS (Skeletal Anchorage System) qui publie deux cas de traitement orthodontique non chirurgical avec des résultats encourageants (une classe III et une béance antérieure) (70,71).

En 2002, d'autres systèmes de miniplaques pour traitement orthodontique ont été publiés par DE CLERCK (72) (The Zygoma Anchorage System) et CHUNG (73) (The Miniplate with Tube).

En 2009, les plaques d'ancrage de Bollard ont été proposées par Hugo De Clerck dans le traitement orthopédique des classes III (4,72). En effet, les classes III étant très sujettes à la récurrence, cette nouvelle technique a donc eu pour objectif de minimiser les effets parasites et de potentialiser l'effet squelettique pur.

Les miniplaques permettraient également de traiter des patients à un âge plus avancé (11 à 14 ans) qui n'ont pas consulté plus jeune ou qui n'ont pas supporté le port du masque facial. De Clerck et son équipe ont alors proposé le protocole BAMP (Bone Anchored Maxillary Protraction). Il s'agit de deux miniplaques maxillaires et deux miniplaques mandibulaires reliées par des tractions intermaxillaires élastiques de classe III.

En 2012, l'apport de l'imagerie 3D a permis à l'équipe de De Clerck (74) d'analyser les effets 3D du protocole BAMP au niveau de la mandibule et de la fosse glénoïde. En plus du déplacement antérieur en bloc du maxillaire et des structures zygomatiques, cette étude a mis en évidence des modifications au niveau de la forme de la mandibule et du remodelage de la fosse glénoïde et des condyles. De Clerck et son équipe ont mis en évidence une fermeture de l'angle goniale avec un léger déplacement postérieur du ramus ainsi qu'une absence de rotation postérieure de la mandibule. Ces éléments vont dans le sens d'une correction stable dans le temps avec une réorganisation de la croissance.

Les miniplaques ont aussi trouvé leur utilité chez les patients présentant des agénésies.  
(75)

### 1.2.2. Caractéristiques des miniplaques

Les miniplaques sont biocompatibles, pliables, stables même sous des forces lourdes et ne nécessitent pas d'ostéo-intégration puisqu'elles sont fixées par des vis monocorticales. (76)

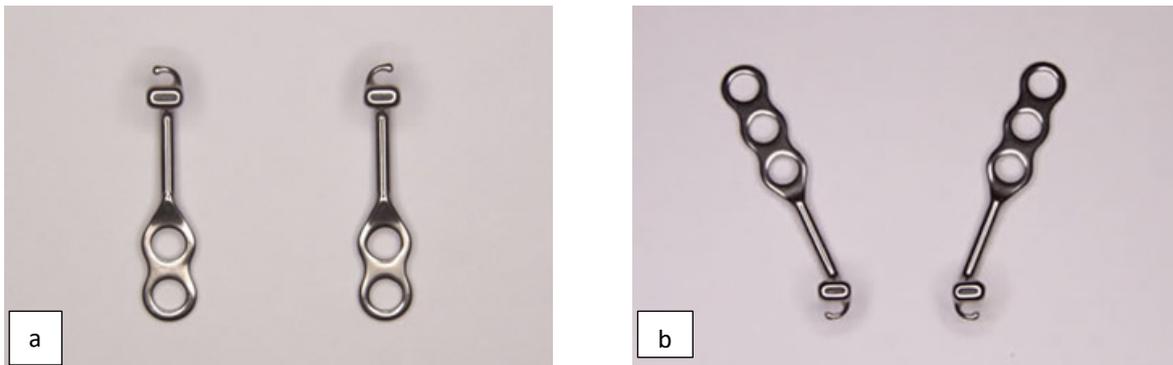


Fig 3 : a : miniplaques mandibulaires ; b : miniplaques maxillaires (source : hugodeclerck.net)

#### 1.2.2.1. Description d'une miniplaque :

En titane ou alliage de titane (76), de formes variées, les miniplaques présentent :

- Un corps avec 2 ou 3 orifices pour les vis de fixation monocorticales.
- Un bras : branche de connexion entre la tête et le corps de section ronde ; les fibres de collagène s'organisent mieux autour d'une section ronde, entravant le passage des bactéries au niveau de cette porte d'entrée muqueuse.
- Une tête comportant un tube avec un crochet.

La tête est intra-buccale et sert de connectique entre la plaque et le dispositif utilisé (élastiques, élastiques sur masque facial). (77)

Pour le protocole BAMP, les miniplaques de Bollard sont agrémentées, au niveau de leur partie intra-buccale, d'un tube .018x.025 pouces avec crochet pour les élastiques. Pour le modèle maxillaire il existe une version pédiatrique étant donné que la dimension verticale du processus zygomatique peut être réduite chez les enfants. Ce modèle est donc plus aisé à insérer. Fixées à l'os via leur corps, les miniplaques présentent deux à trois vis monocorticales au maxillaire et deux vis à la mandibule.

#### 1.2.2.2. Dimensions des miniplaques (Fig 4) :

- Miniplaques maxillaires : 18 mm (modèle pédiatrique, -3 mm par rapport au modèle standard),
- Miniplaques mandibulaires : 16 mm

Cette longueur représente toute la partie verticale de la plaque jusqu'à l'angle à 90° que forme le col.

- Vis monocorticales : diamètre 2,3 mm ; longueur 5 mm pour les vis inférieures, 7 mm pour les vis supérieures.

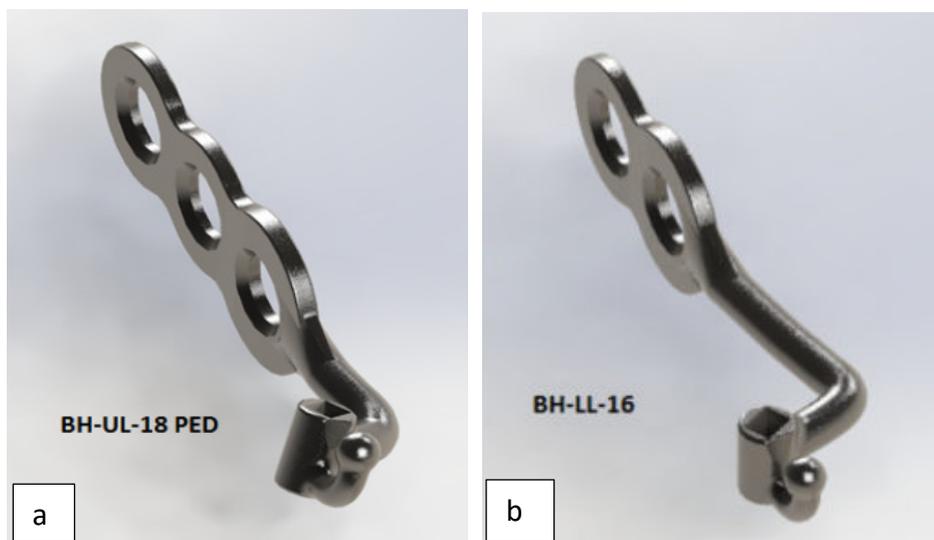


Fig 4 : a : miniplaque pédiatrique de Bollard, supérieure gauche avec crochet ; b : miniplaque de Bollard avec crochet, inférieure gauche. (source : tita-link.com) (78)

### **1.2.3. Avantages et inconvénients (par rapport aux minivis)**

Les minivis sont relativement stables par rapport à un ancrage absolu (79,80).

Cependant les miniplaques seraient plus stables que les minivis avec un taux de succès de 80 à 100% (81,82) ; l'étude de cohorte de De Clerck et al. (29) relève un taux de succès de 97% (critère de jugement : mobilité à 6 semaines après une charge de 250 g).

Il est possible d'appliquer une force plus importante (500 g) que sur les minivis (150 à 400g) (83). Leur insertion se fait à distance des racines, permettant ainsi une liberté d'évolution des germes et réduisant le risque d'atteinte radiculaire (84).

### **1.2.4. Aspect économique du matériel**

Le coût du dispositif reste souvent un frein à la démocratisation du protocole BAMP. En janvier 2018, les tarifs sont comme suit (source : Tita-link) :

- Une miniplaque : 95 euros
- Une vis d'ostéosynthèse : 20 euros

Ainsi la pose de quatre plaques revient à 580 euros, de deux plaques maxillaires à 310 euros, or coût réel de l'intervention (plateau technique, honoraires).

### **1.2.5. Contre-indication générales et locales**

En 2008, Hoste (85) a indiqué les facteurs de risques des dispositifs d'ancrage temporaires. Concernant l'âge du patient, selon lui, il n'y a pas de limite car elles n'entravent pas la croissance sauf si elles ont insérées au niveau médio-palatin. De Clerck (4) préconise d'attendre l'âge de 11 ans pour une meilleure stabilité osseuse grâce à une hauteur d'os alvéolaire suffisante. Wilmes (86) propose une insertion dès l'âge de 8 ans en utilisant qu'une miniplaque mandibulaire couplée à un disjoncteur maxillaire fixé par deux mini-implants palatins.

Nous retiendrons que la pose d'une miniplaque est contre-indiquée en cas de présence de germe et qu'il est conseillé d'attendre une maturité osseuse suffisante pour une bonne stabilité primaire.

Aussi, une bonne hygiène est-elle conseillée puisque l'inflammation gingivale est une cause majeure d'échec de pose des miniplaques.

Au niveau de l'état de santé général, la pose est contre-indiquée chez les patients immunodéprimés ou ayant un diabète insulino-dépendant non contrôlé, chez les patients bénéficiant d'un traitement immunosuppresseurs, antiépileptiques, etc. (87)

#### **1.2.6. Choix du site d'insertion** (29)

Au maxillaire ou à la mandibule les miniplaques doivent être insérées à distance des apices des dents. Leur implantation nécessite une épaisseur d'os cortical de 2 à 3 mm minimum.

- Au maxillaire : communément inséré sur la crête infra-zygomatique du pilier maxillaire, le dispositif peut être aussi inséré au niveau de la crête para-nasale (parois latérales nasales).
- A la mandibule : inséré au niveau de la région canine inférieure entre l'incisive latérale et la canine, le dispositif peut être inséré au niveau de la région prémolaire ou molaire de la mandibule.

A la mandibule, nous devons attendre l'édification radiculaire complète des canines et ainsi débiter notre pose à l'âge de 12,5 à 13 ans.

L'étude 3D de Präger et al. (88), suggère, après évaluation tomographique du volume osseux préopératoire, que des vis de 7 mm peuvent être placées à la base de l'orifice piriforme et de 5 mm sur l'apophyse frontale.

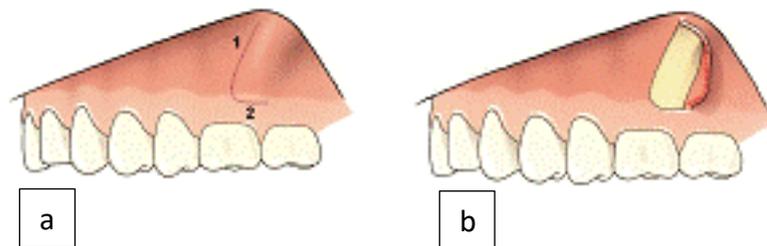
### 1.2.7. Protocole de mise en place

Tel que décrit par Hugo De Clerck sur le site internet [hugodeclerck.net](http://hugodeclerck.net).

Les illustrations qui suivent y sont issues.

**Au maxillaire :**

- Sur la crête infra-zygomatique : incision en « L » à convexité antérieure (Fig 5a).



**Fig 5 : a : incision en « L » à convexité antérieure ; b : lambeau muco-périosté à base postérieure (source [hugodeclerck.net](http://hugodeclerck.net))**

La partie verticale 1 est placée à +/- 1 cm en mésial et parallèle à la crête infra-zygomatique et jusqu'à 2 mm en-dessous de la ligne muco-gingivale (LMG).

Une extension distale horizontale de l'incision est réalisée 2 mm en dessous et parallèle à la LMG.

Un lambeau muco-périosté à base postérieure est levé afin d'exposer l'os (Fig 5b).



Fig 6 : placement de la miniplaque contre l'os cortical (source hugodeclerck.net)

Placement de la miniplaque (Fig 6) :

La miniplaque est délicatement plaquée pour obtenir un contact intime avec l'os cortical. Ce plaquage doit être limité à la région constituée des orifices de la miniplaque. La connexion entre le corps de la miniplaque et le cou doit être délicatement relevée afin d'assurer un contact entre la partie basse du cou et l'os alvéolaire.

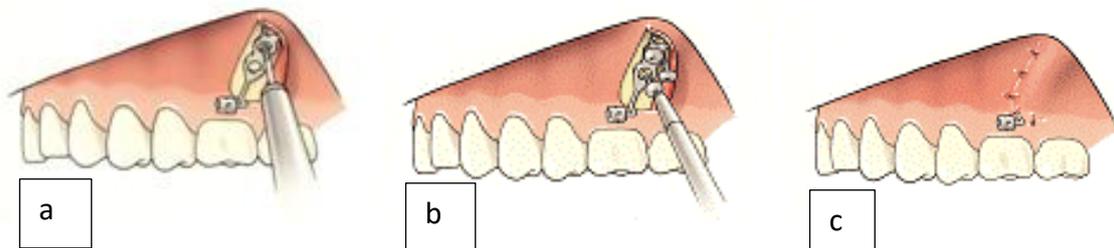


Fig 7 : fixation de la miniplaque à l'os cortical (a,b) et suture du lambeau (c) (source : hugodeclerck.net)

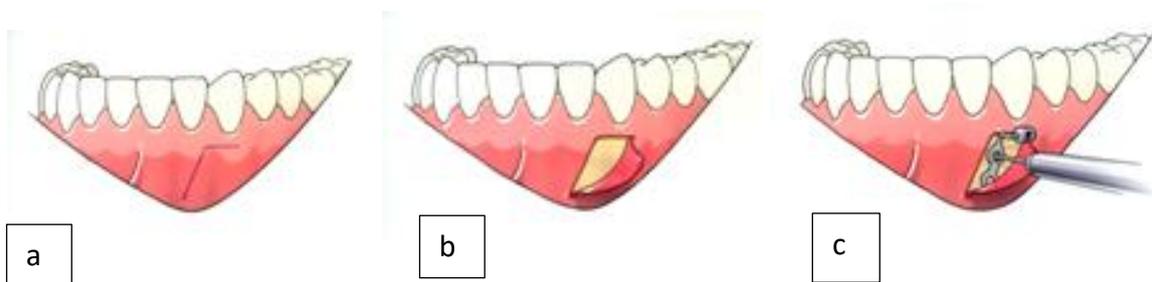
Le dispositif est positionné de sorte que la partie arrondie du cou pénètre le tissu mou au niveau de l'angle formé par l'incision en « L ». Un premier fraisage d'un diamètre de 1,65 mm est effectué au niveau du trou du milieu ou du dessus (si miniplaque à deux trous, utilisée chez les enfants présentant une insuffisance de hauteur alvéolaire) (Fig 7).

La 1<sup>ère</sup> vis n'est pas complètement fixée afin de permettre une certaine rotation de la miniplaque. La vis inférieure est ensuite insérée suivie des éventuelles supérieures afin d'obtenir une forte rétention.

Après rinçage avec une solution saline, une fermeture en un plan est effectuée avec un fil de suture résorbable 4.0. Le lambeau muco-périosté est positionné par une 1<sup>ère</sup> suture antérieure au cou de l'ancrage. D'autres sutures sont effectuées jusqu'à fermeture complète. Le crochet de la miniplaque doit être orienté de façon parallèle à l'os alvéolaire, crochet orienté en arrière.

### A la mandibule :

-Dans la région canine inférieure :



**Fig 8 : a : incision en « L inversé » ; b : décollement du lambeau ; c : 1<sup>er</sup> forage au niveau de la partie supérieure de la plaque. (Source : hugodeclerck.net)**

Une incision en « L inversé » est effectuée avec un angle légèrement supérieur à 90°. La partie horizontale de l'incision est située 2 mm au-dessus de la LMG. (Fig 8a)

Un lambeau muco-périosté à base postérieure est levé afin d'exposer l'os. (Fig 8b)

Le dispositif est positionné de sorte que la partie arrondie de la connexion du cou pénètre le tissu mou au niveau de l'angle de l'incision. Le centre de la miniplaque doit être au milieu de l'axe des dents adjacentes. Un 1<sup>er</sup> forage est réalisé à l'orifice supérieur de la miniplaque au niveau des apices de ces dents. (Fig 8c)

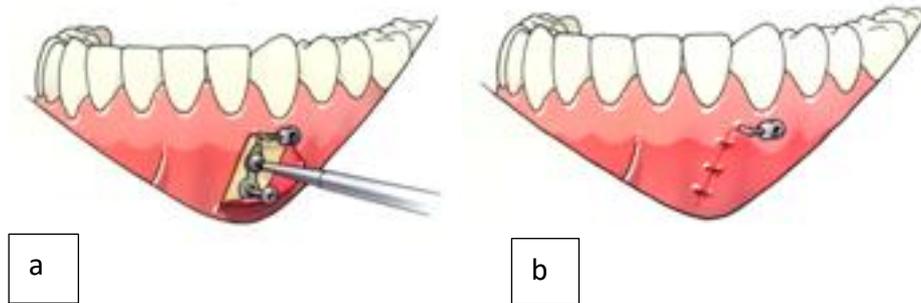


Fig 9 : fixation de la 2<sup>nd</sup>e vis (a) et suture du lambeau (b) (Source : hugodeclerck.net)

La 1<sup>ère</sup> vis est insérée mais pas complètement vissée afin de permettre une certaine rotation de la miniplaque. Le second orifice est percé et la vis est insérée au niveau du corps mandibulaire. Les deux vis sont ensuite fixées afin d'obtenir une forte rétention (Fig 9a).

Même procédure de fermeture que pour la miniplaque maxillaire. Cette fois, le crochet est orienté en avant (Fig 9b).

#### Technique chirurgicale :

Placées sous anesthésie locale, les miniplaques peuvent être placées sous anesthésie générale ou anesthésie locale combinée d'un sédatif (IV ou MEOPA) chez les enfants à coopération difficile. Cependant, étant donné que la pose, notamment de quatre miniplaques, est plus délicate chez les enfants, De Clerck conseille désormais une anesthésie générale en ambulatoire.

#### 1.2.8. Planification du plan de traitement

De Clerck préconise une mise en charge 2 à 3 semaines après la chirurgie. La charge initiale ne doit pas excéder 100 à 150 grammes et doit être progressivement augmentée dans les 10 premières semaines jusqu'à 250 grammes.

### **1.2.9. Complications opératoires**

En peropératoire, la hauteur d'os alvéolaire réduite ainsi que la fine épaisseur d'os cortical augmentent les risques d'échec inhérents à cette chirurgie chez les enfants.

Aussi, afin de réduire le risque d'infections, De Clerck préconise sur son site internet de ne pas combiner le placement des miniplaques avec des avulsions à proximité du site d'insertion.

De plus, quand le set chirurgical est non scellé ou endommagé, les dispositifs médicaux doivent être à nouveau stérilisés.

#### **Instructions données au patient en post-opératoire :**

- Application de glace et bain de bouche antiseptique
- Eviter les contacts répétés avec la langue, la joue et toute pression digitale
- Brossage du tissu entourant la plaque avec une brosse à dent à poils souples de type chirurgical pendant une semaine.

### **1.2.10. Perception des patients et des opérateurs**

Les traitements par miniplaques, outre le principal inconvénient d'être invasifs de par le fait qu'ils nécessitent à la fois une intervention pour la pose mais aussi pour la dépose, présentent certains inconvénients puisque certains éléments peuvent ne pas être stables tout au long du traitement (29).

L'inflammation post opératoire, l'irritation des tissus adjacents et les tassements alimentaires sont reportés comme des effets indésirables (84).

De plus, chez les patients jeunes, l'anesthésie générale, bien que facultative, est souvent employée pour plus de confort.

Cornelis et al. (84) montre cependant que les miniplaques sont pour la majorité très bien acceptées en post-opératoire et pendant le traitement.

Autre inconvénient notable, comme évoqué précédemment, l'âge auquel leur pose peut être envisagée : De Clerck et al. (89) conseillent d'attendre l'âge de 10 ans. La crête infra-zygomatique présente une meilleure qualité d'os en fin de denture mixte ou en denture permanente pour une meilleure stabilité primaire et secondaire (31). Selon De Clerck, il faudrait attendre environ 11 ans chez la fille et 12 ans chez le garçon pour avoir une qualité d'os suffisante. C'est aussi à cause de la présence du germe de la canine mandibulaire qu'il est souhaitable d'attendre son éruption vers 11 ans.

Les miniplaques ne seraient donc pas adaptées au traitement précoce et très précoce des dysmorphoses de classes III. (90)

## 1.3. La protraction maxillaire avec miniplaques d'ancrage

### 1.3.1 Introduction aux nouveaux protocoles

Plusieurs innovations permettant un ancrage squelettique absolu au masque facial ont été proposées. Kokich et al. (49) ont proposé une protraction maxillaire sur canines déciduales volontairement ankylosées. Singer et al. (91) ont utilisé des implants ostéo-intégrés au niveau des processus zygomatiques afin d'obtenir un ancrage direct au maxillaire. Hong et al. (92) ont utilisé un onplant au niveau du palais.

En 2008, **Kircelli et Pektas** (3) parlent d'une nouvelle approche du traitement orthopédique des classes III par ancrage osseux avec des résultats préliminaires.

Ensuite, en 2009, **De Clerck et al.** (89) proposent leur protocole de traction maxillaire sur miniplaques. Ils parlent alors de « nouvelles perspectives pour le traitement des déficiences du tiers moyen de la face » (29)

L'insertion de ces miniplaques au maxillaire et à la mandibule permet l'application d'une force continue grâce au port des élastiques intermaxillaires (Fig 10).



Fig 10 : vues endobuccales du protocole BAMP de De Clerck source : hugodeclerck.net (77)

Ainsi, dans le but d'augmenter les effets squelettiques et de diminuer les effets alvéolaires, un transfert de la force directement à l'os peut être obtenu par ancrage osseux temporaire.

Cela augmente la croissance au niveau des sutures du maxillaire en plus de la croissance naturelle (37). Il apparaît alors que l'utilisation des miniplaques permet d'augmenter les effets squelettiques tout en minimisant la composante dento-alvéolaire comparé aux appareils orthopédiques traditionnels. (93) La protraction maxillaire sur miniplaques permet en effet de traiter avec succès des patients de 10 à 12 ans présentant un déficit maxillaire modéré à sévère puisqu'elle applique une force directement sur l'ensemble du complexe naso-maxillaire, provoquant ainsi une avancée significative tout en minimisant les effets parasites. (3,94-100)

La technique intra-orale a donc un double intérêt par rapport au masque de Delaire traditionnel :

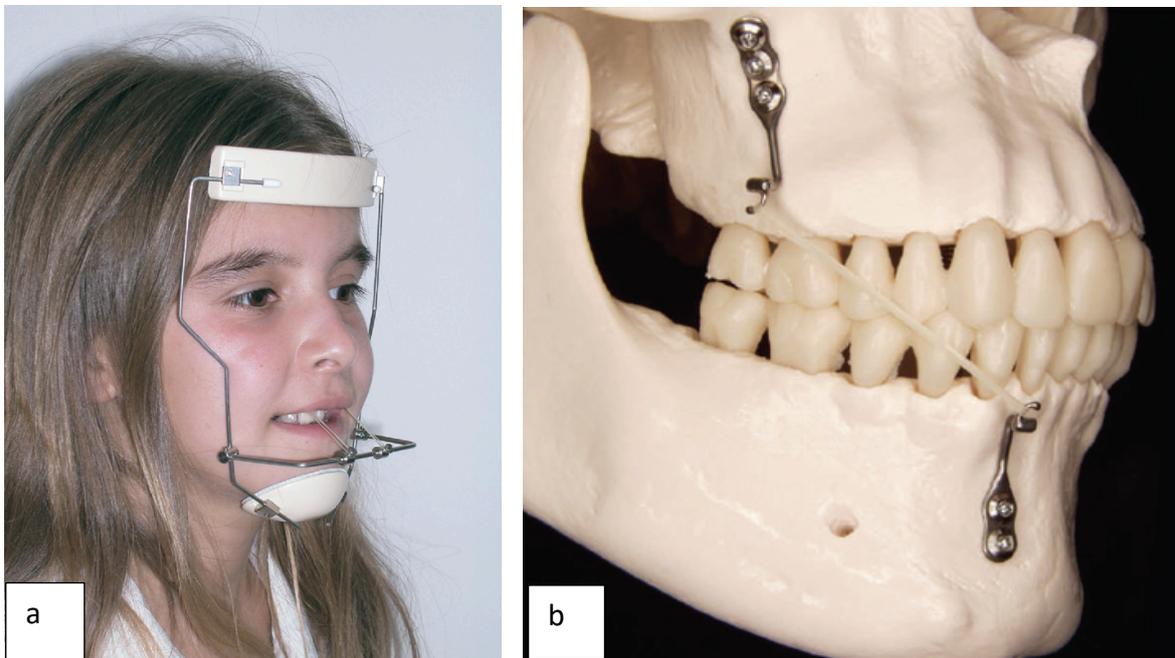
- Une meilleure observance de la part du patient permettant un port quasi continu des élastiques ;
- Les résultats sont atteints plus rapidement avec moins de récurrence à moyen terme grâce au port continu d'élastiques à effet squelettique pur (59).

En effet, les effets squelettiques obtenus apparaissent stables sur un suivi allant de 11 à 38 mois. (3,4,96,101)

La technique la plus fréquemment décrite est la protraction maxillaire sur miniplaques :

- Soit par élastiques extra-oraux associés à un masque facial (Fig 11a) (32,60,94–99,101)
- Soit par élastiques intermaxillaires (Fig 11b) (4,59,89,100,102).

Cette dernière est plus confortable et acceptable pour le patient sans le port du masque qui nécessite beaucoup de coopération de la part du patient et permet un traitement actif quasi 24h/24 contre 14h/jour maximum pour le masque facial.



**Fig 11 : a : miniplaques associées à un masque facial (3) versus b : tractions intermaxillaires (83)**

Récemment, un certain nombre d'auteurs ont donc mené des traitements utilisant la traction orthopédique sur plaques d'ancrage. (103) Ce protocole orthopédique permettrait de repousser les limites de la chirurgie (102) , issue fréquente des classes III. La plupart des patients ont une bonne expérience du protocole chirurgical de pose des miniplaques malgré les risques d'œdème et d'inflammation. De leur côté les praticiens croient en la simplification du traitement grâce aux miniplaques. (84)

### **1.3.2. Focus sur le site d'insertion des miniplaques dans la protraction maxillaire**

Sar et al. (30) placent leurs miniplaques au niveau de la partie maxillaire du mur nasal latéral et au niveau de la symphyse mentonnière. Cha & Ngan (32) les placent au niveau du processus zygomatique. D'autres auteurs (29,31,59,102) les placent à ce niveau et à la mandibule entre les incisives latérales et les canines déciduales.

Selon Kircelli et al. (3), le mur nasal latéral du maxillaire est la localisation la plus appropriée pour réaliser des modifications au niveau de l'angle naso-labial, de la région infra-orbitaire et par conséquent l'amélioration des tissus mous. Cette localisation est la plus bénéfique puisque située en avant du centre de résistance du complexe naso-maxillaire avec un accès facilité. Cette méthode a clairement démontré une fermeture de l'angle mandibulaire. (60)

Cependant ce site d'insertion ne peut pas être utilisé chez des patients plus jeunes en denture mixte si les canines maxillaires ne sont pas encore édifiées. D'un autre côté, les miniplaques insérées sur les processus zygomatiques ne provoquent pas une fermeture de l'angle mandibulaire (93,104) car comparé au mur nasal latéral, les processus zygomatiques sont situés au niveau de la région postérieure et provoquent donc une rotation horaire du maxillaire.

Entre 92,5% et 97,0% des miniplaques sont stables pendant la durée du traitement. (29)

### **1.3.3. La durée du traitement**

La durée du traitement (6 à 12 mois) (105) ne varie pas par rapport au traitement traditionnel. Cette durée est calculée sur la base d'une fin de traitement quand 2 à 3 mm de sur-correction du surplomb sont obtenus. Cependant, le temps de traitement global semble diminué grâce à l'utilisation de la technique à ancrage squelettique puisque le fait de pouvoir débiter le traitement à un âge plus tardif permet de réduire l'intervalle entre la phase I et la phase II de la thérapeutique si elle est nécessaire (59).

Néanmoins, nous verrons dans la suite de notre travail que cette durée peut être réduite avec l'utilisation de nouveaux protocoles.

### 1.3.4. Choix des élastiques

Dans la technique extra orale, une force allant de 300 à 600 g des deux côtés (350 g étant le plus commun) est appliquée. (3,32,60,94,95,101)

Dans la technique intra orale, De Clerck et ses groupes de recherche (4,59,89,100) utilisent des forces plus légères : 250 g.

### 1.3.5. Direction de traction



Fig 12 : Direction de la force d'application des élastiques (3)

Le vecteur de la force doit être le plus proche possible du centre de résistance du maxillaire et sa direction en accord avec la croissance en bas et en avant de la face (Fig 12). Pour préserver l'équilibre maxillo-mandibulaire, le vecteur doit être le plus stable possible pendant la croissance de composante sagittale constante.

Les sutures maxillaires sont favorablement influencées par leur localisation antérieure.

### 1.3.6. Efficacité des miniplaques d'ancrage dans le traitement orthopédique des classes III

Depuis 2007, plusieurs études préliminaires évaluant l'efficacité des plaques d'ancrage dans le traitement orthopédique des classes III par protraction maxillaire ont été publiées ; résumées dans le tableau 13 suivant.

Une avancée du maxillaire est obtenue aussi bien dans sa partie supérieure qu'inférieure.  
(104)

Bien qu'un faible nombre de patients ait été inclus, l'utilisation des miniplaques semble efficace pour le traitement des classes III par hypodéveloppement maxillaire. En effet les auteurs constatent une avancée significative du maxillaire avec diminution des effets parasites dento-alvéolaires rencontrés avec le masque facial traditionnel.

Tableau 13 : synthèse d'études préliminaires évaluant l'efficacité des miniplaques d'ancrage

Référence	Type d'étude	Population	Traitement	Suivi	Résultats
<b>Kircelli et al.</b> « Midfacial protraction with skeletally anchored face mask therapy : a novel approach and preliminary results » Am J Orthod Dentofacial Orthop <b>2008</b>	Etude pilote	6 patients 11,8 ans	Protraction maxillaire par masque facial sur 2 miniplaques placées au niveau du mur nasal latéral ; 300 g par côté	T1 correction T2 à 8 mois (observation) T3 (contrôle)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- avancée significative du maxillaire</li> <li>- avancée du point A : +4,8 mm</li> <li>- avancée du point infra orbitaire : + 3,3 mm</li> <li>- recul du point B : - 3,1 mm</li> <li>- recul du pogonion : -3,4 mm</li> <li>- rotation horaire mandibulaire</li> <li>- SNA : + 6,1°</li> <li>- indice de Wits : +9 mm</li> <li>- amélioration significative du profil cutané – diminution de la concavité</li> </ul>
<b>De Clerck et al.</b> « Dentofacial effects of bone-anchored maxillary protraction : a controlled study of consecutively treated Class III patients » Am J Orthod Dentofacial Orthop, Novembre <b>2010</b>	Etude clinique randomisée contrôlée	21 patients traités 11 ans  Groupe contrôle 18 patients	<p>Tractions inter-maxillaires sur miniplaques : 4 miniplaques dont 2 zygomatiques et 2 mandibulaires.</p> <p>150g / côté 200g après 1 mois 250g après 3 mois</p>	T1 avant traitement T2 à 1 an	<ul style="list-style-type: none"> <li>- avancée significative du maxillaire</li> <li>- recul du point B</li> <li>- vestibuloversion significative des incisives mandibulaires</li> <li>- rotation horaire du maxillaire</li> <li>- indice de Wits : +6,7 mm</li> <li>- surplomb : +3,8 mm</li> <li>- amélioration significative du profil cutané</li> </ul>

<p><b>Heymann et al.</b> « Three-dimensional analysis of maxillary protraction with intermaxillary elastics to miniplates » Am J Orthod Dentofacial Orthop, Février 2010</p>	<p>Etude de cas (analyse 3D)</p>	<p>6 patients : 3 garçons et 3 filles âgés entre 9 et 14 ans</p>	<p>TIM sur miniplaques 2 maxillaires et 2 mandibulaires 150g / côté 200g à 1 mois 250g à 2 mois</p>	<p>12,5 mois T1 T2 à 1 an</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- SNA augmenté chez 5 patients sur 6</li> <li>- avancée du point A et du processus zygomatique</li> <li>- légère vestibuloversion incisives maxillaires</li> <li>- vestibuloversion incisives mandibulaires</li> <li>- surplomb positif</li> <li>- amélioration du soutien labial supérieur et de la région nasale</li> </ul>
<p><b>Kaya et al.</b> « Effects of facemask treatment anchored with miniplates after alternate rapid maxillary expansions and constrictions » Angle Orthod 2011</p>	<p>Etude pilote</p>	<p>15 patients 11,6 ans</p>	<p>Masque facial à ancrage osseux (miniplaques) après disjonction maxillaire. 100g/côté 350-400g 2<sup>ème</sup> semaine</p>	<p>Traitement actif 10 mois</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- avancée significative du maxillaire : +2 mm</li> <li>- recul significatif du point B ; SNB -1,2°</li> <li>- stabilité axe incisive maxillaire</li> <li>- légère linguoversion incisives mandibulaires</li> <li>- rotation antihoraire mandibulaire significative</li> <li>- surplomb positif</li> <li>- amélioration significative du profil cutané</li> </ul>
<p><b>Kaygisiz et al.</b> « Bone-anchored maxillary protraction followed by fixed appliances in skeletal Class III malocclusion : a report of two cases » Journal of Orthodontic Research Jan-Avr 2015</p>	<p>Rapport de cas</p>	<p>Cas 1 : garçon de 11 ans  Cas 2 : garçon de 12 ans</p>	<p>Masque facial à ancrage osseux suivi d'une phase multibague. 150g / côté 250g 2<sup>ème</sup> mois</p>	<p>T0 avant traitement T2 surplomb correct : 19 mois et 8 mois T3 multibague</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- avancée significative du maxillaire : + 3 mm et + 2 mm</li> <li>- légère palatoversion incisive maxillaire dans un cas</li> <li>- légère linguoversion incisive mandibulaire</li> <li>- légère rotation antihoraire maxillaire</li> <li>- rotation horaire de la mandibule</li> <li>- augmentation de l'ANB (+1,5° et +2°)</li> <li>- amélioration du surplomb +4 mm/+3,5 mm</li> </ul>

Face à ce constat, d'autres études ont comparé les effets des miniplaques par rapport à la technique traditionnelle mais aussi les techniques à ancrage squelettique entre elles.

### 1.3.7. Le protocole FM/MP (masque facial sur miniplaques) en comparaison aux techniques traditionnelles

En 2011, **Sar et al.** (60) compare les effets squelettiques, dento-alvéolaires et au niveau des tissus mous de la protraction maxillaire par masque facial sur miniplaques comparé au traitement conventionnel. Dans une étude clinique prospective contrôlée, il inclut 45 patients pré-pubères divisés en 3 groupes présentant un syndrome de classe III par hypodéveloppement maxillaire dans un contexte facial normodivergent :

- Le 1<sup>er</sup> groupe de 15 patients, d'âge moyen 10,91 ans, a été traité par masque facial sur deux miniplaques maxillaires (MP+FM)
- Le 2<sup>nd</sup> groupe de 15 patients, d'âge moyen 10,31 ans, a reçu le traitement par masque facial traditionnel (FM).
- Le 3<sup>ème</sup> groupe de 15 patients, d'âge moyen 10,05 ans, a été le groupe contrôle.

Avant la protraction maxillaire, les deux groupes traités ont bénéficié d'une expansion maxillaire rapide (disjonction). Le protocole de protraction par masque était le même dans les deux groupes à savoir des tractions de 400 g par côté orientées en bas et en avant de 20 à 30°. Le traitement était arrêté quand un surplomb de 4 mm était obtenu.

Des superpositions céphalométriques entre le début (T1) et la fin (T2) du traitement ont été effectuées dans chaque groupe. Sur les 30 miniplaques posées, deux ont dû être déposées en cours de traitement à cause de leur trop grande mobilité. Aucune différence significative n'existait à T1 entre les trois groupes.

Des différences significatives sont retrouvées au niveau :

- De la durée de traitement : MP+FM = 6,78 mois versus FM = 9,45 mois
- De l'avancée maxillaire : MP+FM = +2,83 mois (+0,45 mm par mois) versus FM = +2,16 mm (+0,24 mm par mois)
- Une rotation antérieure du maxillaire dans le groupe FM

Dans les deux groupes traités on retrouve :

- Une mandibule plus en bas et en arrière.
- Une rotation postérieure de la mandibule
- Une augmentation de la hauteur faciale antérieure
- Une correction significative du surplomb
- Une linguoversion significative des incisives mandibulaires
- Une amélioration significative du profil cutané et du rapport sagittal labial

Cependant, la rotation postérieure de la mandibule, l'augmentation de la hauteur faciale antérieure et la linguoversion des incisives mandibulaires, sont plus marquées dans le groupe FM. La vestibuloversion des incisives maxillaires n'est pas retrouvée dans le groupe MP/FM.

Quel que soit l'ancrage, le traitement est efficace, néanmoins les effets indésirables de la technique conventionnelle, tels que la rotation mandibulaire, la mésialisation et vestibuloversion des dents maxillaires et l'extrusion molaire, ont été réduits ou éliminés avec les miniplaques d'ancrage et ce de manière efficiente c'est-à-dire pour un temps de traitement plus court avec une meilleure réponse squelettique.

En 2012, **Lee et al.** (93) comparent également les effets à court terme de la protraction maxillaire par masque facial sur miniplaques par rapport à la technique de protraction conventionnelle associée à une expansion maxillaire rapide. Dans une étude clinique rétrospective, ils incluent 20 patients en classe III squelettique avec hypoplasie maxillaire et les séparent en deux groupes donc l'un a reçu le traitement par miniplaques et l'autre le traitement conventionnel.

- 10 patients dans le groupe FM-MP d'âge moyen 11,2 ans, ont reçu le traitement par masque facial sur miniplaques ancrées au niveau zygomatique du maxillaire,
- 10 patients dans le groupe FM-RME d'âge moyen 10,7 ans ont reçu le traitement par masque facial associé à un disjoncteur sur quatre bagues.

Les élastiques de traction de 400 g par côté orientés en bas et en avant de 30° par rapport au plan palatin sont accrochés au masque facial pour un port de 12 à 14 heures par jour jusqu'à l'obtention d'un surplomb de 2 à 3 mm. Les téléradiographies de profil avant et après traitement ont été comparées. Aucune différence significative n'existait entre les deux groupes à T1.

Des différences significatives sont observées avec :

- Une avancée maxillaire plus importante dans le groupe FM-MP (+2,7°) versus FM-RME (+1,2°) avec une avancée significative du point orbitaire.
- Un recul mandibulaire plus important dans le groupe FM-RME.
- Une rotation horaire de la mandibule plus importante dans le groupe FM-RME.
- Une vestibuloversion des incisives maxillaires plus importante dans le groupe FM-RME.

**La protraction maxillaire sur miniplaques permet une plus grande avancée du maxillaire avec moins d'effets parasites tels que le repositionnement et la rotation postérieure de la mandibule, la vestibuloversion des incisives maxillaires.**

**Le déplacement antérieur de l'orbite démontre bien l'effet de l'ancrage squelettique sur l'ensemble du maxillaire.**

En 2014, **Koh et Chung** (106), dans une étude rétrospective, comparaient les effets de la technique masque facial à ancrage squelettique (SAFM) à la technique traditionnelle (TBFM) combinée à la disjonction selon les stades de croissance et la typologie verticale. Ils incluent 28 patients, d'âge moyen, 10,09 ans, traités par TBFM et 19 patients, d'âge moyen, 11,21 ans, traités par SAFM. Ils présentaient tous un surplomb négatif supérieur à - 2 mm, sans dysmorphose crâniofaciale et un stade de maturation cervical à 3 ou 4 (CVM). Chaque groupe a été divisé en sous-groupe selon le stade de croissance (CVM 3 ou 4) et la typologie verticale (norme : FMA 26°, HFAI 47 mm).

Pour le groupe SAFM, la protraction maxillaire a débuté 2 à 3 semaines après la pose des miniplaques maxillaires. Une force de 400 à 500 g par côté était appliquée, orientée en bas et en avant de 30° par rapport au plan d'occlusion.

Pour le groupe TBFM, la protraction maxillaire a été précédée d'une expansion maxillaire rapide.

Des téléradiographies de profil avant (T1) et après traitement (T2) ont été analysées. A T1, il n'y avait pas de différences significatives entre les deux groupes.

Ils trouvent :

- Une avancée significative du maxillaire et des structures avoisinantes a été retrouvée dans le groupe SAFM (SNOr + 2,495° contre 0,0961° dans le groupe TBFM).
- Le sous-groupe des hyperdivergents ayant bénéficié de l'ancrage squelettique a eu une meilleure réponse antérieure maxillaire que celui du TBFM, avec en plus un meilleur contrôle vertical (FMA, -0,108°).
- Au stade CVM3, la technique SAFM a permis une meilleure réponse au niveau de l'orbite et de la croissance du maxillaire (5,818 mm) par rapport à la technique TBFM
- Au stade CVM4, uniquement le paramètre SNOr était significativement plus important dans le groupe à ancrage squelettique que dans le groupe à ancrage dentaire.

Koh et Chung concluent que des avantages significatifs selon le stade de maturation et la typologie verticale sont obtenus avec la technique SAFM par rapport à la technique TBFM. Ils préconisent l'ancrage squelettique pour les patients à typologie verticale. De plus, une prise en charge au stade CVM3, c'est-à-dire juste avant le pic de croissance est souhaitable pour une optimisation de la réponse maxillaire.

Ces trois études cliniques permettent de mettre en évidence que la protraction maxillaire par masque facial sur miniplaques présentent déjà des avantages certains par rapport à la technique traditionnelle. Cette technique permet une correction efficace du décalage squelettique c'est à dire de façon plus rapide avec une meilleure réponse squelettique en minimisant les effets parasites voire en les supprimant. Autre remarque, la traction agit au niveau de l'ensemble du tiers moyen de la face.

### 1.3.8. Le protocole BAMP (tractions intermaxillaires sur miniplaques) en comparaison des techniques traditionnelles

En 2010, **Cevidanes et al.** (59) comparent les effets du traitement traditionnel par masque facial associé à l'expansion maxillaire rapide (RME/FM) avec la protraction maxillaire sur miniplaques (BAMP). Cette étude est la première à avoir comparé les modifications dento-squelettiques de la technique à ancrage squelettique par rapport à celle à ancrage dentaire.

Les patients ont tous été sélectionnés au stade pré-pubère avec une malocclusion de classe III associé à un surplomb négatif et un indice de Wits inférieur ou égal à -1 mm. Ils ont tous été traités jusqu'à l'obtention d'un surplomb positif avec hypercorrection. Ont été sélectionnés :

- 21 sujets d'une moyenne d'âge de 11 ans et 10 mois ayant bénéficié du protocole BAMP du Dr De Clerck. Quatre miniplaques d'ancrage de Bollard, 2 maxillaires au niveau des crêtes zygomatiques et 2 mandibulaires entre l'incisive latérale et la canine. Une mise en charge progressive 24h/24 par élastiques de classe III est effectuée 3 semaines après la pose (150 grammes par côté, puis 200 grammes à 1 mois et enfin 250 grammes à 3 mois). La durée moyenne du traitement était de 12 mois, un cone beam a été réalisé au début (T1) et à la fin du traitement (T2).

- 34 sujets d'une moyenne d'âge de 8 ans et 3 mois ayant bénéficié de la technique RME/FM. Des élastiques de traction maxillaire ont été appliqués à hauteur de 300 grammes par côté les deux premières semaines puis 500 grammes par côté jusqu'à la fin du traitement. Le port du masque était de 14h par jour pour une durée moyenne du traitement de 10 mois.

Au début du traitement, il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes.

Les différences observées au niveau céphalométrique ont été relevées entre la fin du traitement actif (T2) et le début du traitement (T1).

Des différences significatives sont retrouvées :

Dans le groupe BAMP :

- Une meilleure avancée du point A (A-VerT +2,3 mm ; Co-A +2,9 mm).
- Un meilleur contrôle de la croissance verticale de la mandibule avec absence de rotation horaire.
- Une relation molaire mieux corrigée (+1,4 mm)

Dans le groupe FM/RME :

- Une linguoversion plus importante des incisives mandibulaires.

De plus, la correction du décalage squelettique est plus importante dans le groupe BAMP avec un indice de Wits augmenté de 2,5 mm par rapport au traitement traditionnel.

**Le protocole BAMP permet de façon significative une meilleure avancée du maxillaire avec une différence de 2 à 3 mm et un meilleur contrôle du sens vertical. De plus le protocole BAMP permettrait d'éviter la rotation horaire de la mandibule et la linguoversion des incisives mandibulaires.**

Grâce à l'apport de la 3D, en 2013, **Hino et al.** (31) évaluaient les effets 3D de la protraction maxillaire sur masque facial associé à l'expansion maxillaire rapide (RME/FM) face au protocole BAMP, au niveau de tiers moyen de la face. Ils ont inclus 46 patients dans l'étude, présentant tous une classe III squelettique et dentaire et traités jusqu'à l'obtention d'une sur-correction.

- 21 patients ont bénéficié du traitement RME/FM. Des forces de 600 à 800 g par côté orientées de 15 à 30° en bas et en avant ont été appliquées après la disjonction pour un port du masque allant de 14 à 16h par jour.
- 25 patients ont bénéficié du protocole BAMP, c'est-à-dire des tractions intermaxillaires de classe III entre deux miniplaques maxillaires et deux miniplaques mandibulaires portées 24h/24. Mises en charge 3 semaines après la chirurgie, les tractions initiales étaient de 100 g par côté puis augmentées de façon progressive jusqu'à 250 g par côté.

Des modèles 3D issus de cone-beam ont été enregistrés, avant le début du traitement (T1) et après 1 an de traitement (T2), au niveau de la base crânienne antérieure. Des mesures ont été effectuées en utilisant une carte de couleur. Aucune différence significative n'existait entre les deux groupes à T1.

Des différences statistiquement significatives ont été relevées à T2 avec :

- Une avancée maxillaire et des processus zygomatiques plus importante dans le groupe BAMP (+3,7 mm) que dans le groupe RME/FM (2,6 mm)
- Une avancée des incisives maxillaires plus importante dans le groupe RME/FM (+4,3 mm) que dans le groupe BAMP (+3,2 mm) due à la vestibuloverision des incisives.

10 patients du groupe RME/FM ont eu plus de compensations dento-alvéolaires que d'effets squelettiques.

Avec l'apport de l'imagerie 3D, ils constatent que la protraction maxillaire a des effets sur les étages supérieurs de la face dans les deux groupes bien que plus marqués pour l'ancrage squelettique.

**Des changements orthopédiques positifs peuvent être obtenus dans les deux groupes au niveau du tiers moyen de la face bien que la moitié du groupe RME/FM a eu majoritairement des effets parasites et qu'un tiers d'entre eux ont subi un déplacement vertical du maxillaire. La réponse squelettique est plus importante dans le groupe BAMP.**

Ces deux études cliniques évaluant le protocole BAMP nous démontrent que ce protocole, en plus d'avoir les avantages du protocole MP/FM précédemment présenté, permet une maîtrise du sens vertical et n'a plus du tout d'effets dento-alvéolaires parasites avec une meilleure réponse squelettique. De plus, il permet l'application de forces plus légères et continues.

### 1.3.9. Apport des protocoles de protraction maxillaire modifiés

#### **1.3.9.1. Tractions intermaxillaires de classe III reliant un disjoncteur maxillaire et deux miniplaques mandibulaires**

En 2014, **Sar et al.** (30) évaluaient pour la première fois les effets squelettiques et dento-alvéolaires de la protraction maxillaire par masque facial sur miniplaques par rapport aux TIM de classes III reliant un disjoncteur maxillaire et deux miniplaques à la mandibule.

51 patients en période pré-pubère ou pubertaire ont été inclus dans l'étude. Ils présentaient tous une classe III squelettique par hypodéveloppement maxillaire avec ou sans prognathie mandibulaire dans un schéma facial hypo ou normodivergent.

Dans le groupe 1, 17 patients d'âge moyen de 11,23 ans ont bénéficié du masque facial qui était accroché à deux miniplaques fixées au niveau de la paroi latérale de l'orifice piriforme (mur nasal latéral). Une semaine après la chirurgie des élastiques de 400 g par côté sont portés 16 h par jour.

Dans le groupe 2, 17 patients d'âge moyen de 11,25 ans ont bénéficié du traitement par élastiques de classe III de 500 g par côté reliant des miniplaques symphysaires à un disjoncteur sur gouttière collé au maxillaire 24h/24.

Ces groupes ont été comparés à un groupe contrôle de 17 patients non traités, d'âge moyen de 9,87 ans.

Une disjonction a été réalisée dans les deux groupes traités avant la protraction.

Des téléradiographies de profil sont réalisés chez les patients avant le traitement (T1) et après traitement (T2) quand un surplomb de 4 à 5 mm est atteint.

Des différences significatives sont retrouvées par rapport à T1 avec :

- Une avancée maxillaire de 3,11 mm dans le groupe 1 et 3,82 mm dans le groupe 2 sans différence significative entre eux.
- Une rotation antérieure du maxillaire significativement moindre dans le groupe 1 que dans le groupe 2.
- Une rotation horaire de la mandibule a été observée dans les deux groupes traités avec un taux plus significatif dans le groupe 2.
- Une amélioration significative du décalage squelettique dans les deux groupes
- Une linguoversion des incisives mandibulaires significative dans le groupe 1. Une vestibuloversion a été retrouvée dans le groupe 2.
- Une amélioration significative des relations sagittales maxillo-mandibulaire ainsi que des tissus mous dans les deux groupes traités.

Pas de différence significative entre les deux groupes au niveau de la durée du traitement.

Les deux protocoles permettent une bonne correction du décalage squelettique. Ils suggèrent que le protocole de protraction maxillaire par masque facial sur miniplaques doit être réservés aux cas d'hypodéveloppement maxillaire sévère dans un contexte d'hyperdivergence. Le protocole du groupe 2 serait réservé aux patients hypo/normo-divergents avec des incisives mandibulaires linguoversées. Les effets parasites sur la dimension verticale de ce dernier groupe auraient pu être évités avec des miniplaques maxillaires cependant, pour des raisons économiques et afin d'être moins invasif, un dispositif collé a été utilisé au maxillaire.

### 1.3.9.2. Une seule plaque à la mandibule

#### La protraction maxillaire avec trois miniplaques :

En 2014, face aux inconvénients rencontrés avec la pose de deux miniplaques à la mandibule, **Kim et al.** (107) propose une modification du protocole BAMP :

Au lieu de placer deux miniplaques mandibulaires entre les incisives latérales et les canines, il s'agit d'une seule miniplaque « Y-type C-tube modifié » avec deux bras en extension pouvant remplacer deux miniplaques. (Fig 13)

Il présente le cas clinique d'un patient de 9 ans ayant refusé le port du masque facial à cause de l'inconfort et de l'esthétique. Il présentait une classe III squelettique dans un contexte facial normodivergent.

Trois miniplaques de type C-tubes ont été insérées : deux miniplaques en forme de T au niveau postérieur du maxillaire et une miniplaque en forme de Y à la mandibule.

Le Y-type C-tube modifié a été inséré au niveau de la symphyse mandibulaire et sa partie transgingivale, bifurcation de l'extension, émerge au niveau de la ligne muco-gingivale.

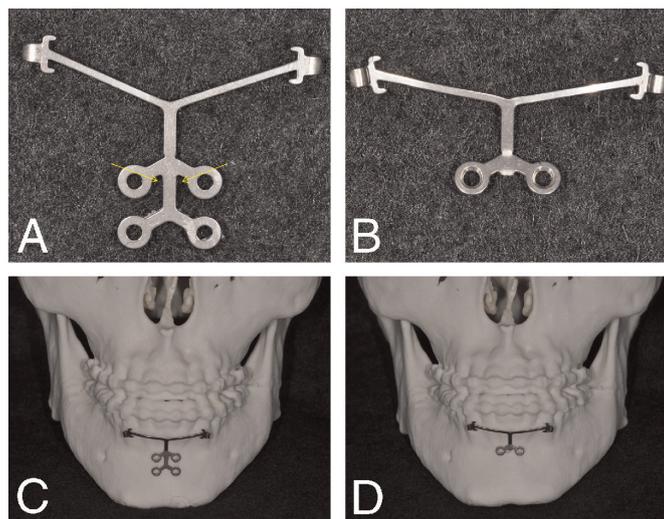


Fig 14 : Le Y-type C-tube modifié avec des bras d'extension et 4 orifices pour les vis (A, C). Il peut être personnalisé par simple torsion avec une pince Weingart pour ne plus qu'avoir 2 orifices en fonction de la hauteur d'os disponible (B, D). (107)

Une semaine après la chirurgie, les élastiques de classe III ont pu être utilisés de l'ordre de 150 g par côté 24h/24 pendant 1 an. Les miniplaques ont été stables pendant toute la durée du traitement sans problème d'infection ou d'inflammation.

Les comparaisons des téléradiographies de profil et des photographies avant et après traitement montrent une correction de l'articulé croisé antérieur, une amélioration des relations sagittales maxillo-mandibulaires grâce à la croissance du maxillaire.

L'équipe de Kim expose ainsi 3 avantages :

- Une chirurgie moins invasive limitant les complications d'autant plus qu'un simple détachement de la tête à la fin du traitement, sans reprise chirurgicale, suffit.
- Un début du traitement plus précoce : en effet ce placement n'entrave pas le développement et l'éruption de la canine permanente et peut être initié en début de denture mixte, période à laquelle une meilleure réponse de la croissance maxillaire est obtenue.
- Une extension présentant une excellente aptitude au pliage permettant un choix aisé de sa position et un meilleur contrôle vertical et sagittal du vecteur des élastiques. Le placement de deux miniplaques mandibulaires ne permet pas toujours de les positionner à la même hauteur et induit alors des vecteurs différents.

### 1.3.9.3. Combinaison d'un disjoncteur maxillaire à ancrage osseux avec une seule miniplaque mandibulaire

En 2016, toujours dans le but de diminuer le caractère invasif du traitement, **Katyal et al.** (108) évaluaient les modifications dento-squelettiques, dentaires et des tissus mous, de tractions intermaxillaires de classe III reliant une miniplaque mandibulaire à un disjoncteur à appui osseux maxillaire fixé sur deux mini-implants palatins (Fig 14). Une nouvelle approche dans le traitement orthopédique des classes III dans le cadre d'une étude pilote.

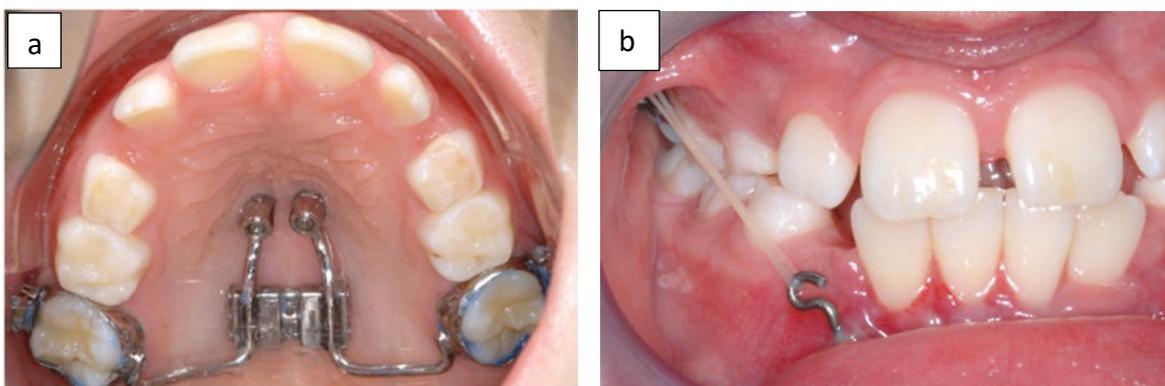


Fig 15 : Combinaison d'un disjoncteur maxillaire à ancrage osseux (a) avec une miniplaque mandibulaire (b) (108).

Un Hybrid Hyrax (disjoncteur hybride) développé par Wilmes et son équipe, est fixé au niveau du palais antérieur par deux mini-implants, permettant une protraction maxillaire à ancrage squelettique simultanément à l'expansion. Ce disjoncteur est également fixé aux molaires.

Une unique miniplaque mandibulaire est insérée au niveau subapical des incisives mandibulaires permettant un traitement dès l'âge 8 ans sans attendre l'éruption des canines.

Des élastiques intermaxillaires de classe III devaient être portés en continu.

Le groupe traité était composé de 7 garçons et 7 filles d'âge moyen 10,4 ans. L'indice moyen de Wits avant traitement était de -5,1 mm.

Les changements étaient mesurés sur des téléradiographies de profil prises 6 à 12 mois avant traitement (T1) et à la fin du traitement (T2).

La durée moyenne du traitement était de 0,88 an.

Katyal et son équipe obtiennent :

- Une augmentation du SNA de  $2,1^\circ$  (+/-  $2^\circ$ ) et du ANB de  $1,9^\circ$  (+/-  $1,8^\circ$ )
- Une amélioration de l'indice de Wits de 3,4 mm (+/- 2,7 mm).
- Une amélioration du surplomb de 2 mm (+/- 2,2 mm).
- Une légère rotation antihoraire du plan palatin de  $0,8^\circ$

Une amélioration notable du sens sagittal au niveau occlusal est retrouvée grâce à l'avancée du maxillaire avec des effets négligeables sur la mandibule, la dimension verticale et l'axe des incisives.

Des résultats similaires avaient été retrouvés par Nienkemper et al. (109) dans leur protocole avec disjoncteur hybride et masque facial. L'avantage de l'étude de Katyal et al. (108) est la dispense du port d'un dispositif extra-oral et ce, sans effet sur les incisives mandibulaires.

#### **1.3.9.4. L'apport des corticotomies combinées aux miniplaques**

En 2007, Pelo et al. (110) avait déjà présenté une technique alliant la protraction maxillaire traditionnelle sur masque de Delaire aux corticotomies chez deux patients en fin de croissance, de moyenne d'âge 15,5 ans, mais trop jeunes pour bénéficier d'une chirurgie orthognatique. En 3 semaines, on obtient une augmentation de l'ANB de  $4^\circ$ . Ce résultat rapide s'explique en grande partie par le fait que les tracés d'incisions se rapprochent des traits d'ostéotomies pour disjonction ptérygo-maxillaire.

En 2015, **Yilmaz et al.** (111) analyse les effets de la protraction maxillaire à ancrage osseux combinée aux corticotomies dans une étude prospective.

Un groupe de 19 patients de moyenne d'âge 13,12 +/- 1,28 ans ont bénéficié du traitement. Ils ont été suivis au préalable pendant 5 mois afin de prendre en compte les changements liés à la croissance. Ils présentaient tous une malocclusion de classe III en denture permanente et un stade CVM 4 (Cervical Vertebral Maturation 4).

Un dispositif transpalatin a été fixé au maxillaire via des gouttières collées, une ostéotomie incomplète de Le Fort 1 a été réalisée au niveau du mur nasal latéral et deux miniplaques para-symphysaires ont été insérées à la mandibule. Trois jours après la chirurgie, des élastiques de classe III à raison de 300 g par côté ont été utilisés jusqu'à 600 g par côté dès le 10<sup>ème</sup> jour et ce, en continu.

Des téléradiographies de profil prises au début du suivi, avant et après traitement orthopédique puis après traitement orthodontique ont été analysées.

Yilmaz et son équipe obtiennent :

- Une avancée significative du maxillaire de 3,59 +/- 1,32 mm pendant une période de protraction de 3,85 +/- 1,12 mois a été retrouvée alors qu'il n'y a pas eu de changements significatifs lors du contrôle préalable de la croissance.
- Une rotation antihoraire significative du plan d'occlusion maxillaire.
- Une amélioration significative des tissus mous (projection nasale)
- Une stabilité du résultat obtenu pendant la phase orthodontique.

Combinée aux corticotomies, cette technique intra-orale permet des changements significatifs réalisés au niveau squelettique et des tissus mous par rapport aux changements liés à la période de croissance et ce, dans un temps de traitement très réduit. Adaptée aux typologies méso et hypodivergentes, elle permet d'améliorer la motivation du patient.

### 1.3.10. Considérations fonctionnelles du traitement

En 2009, Kaygisiz et al. (112) ont démontré une amélioration des dimensions de la filière aérique maintenue quatre ans post-traitement par masque facial, d'autres dont celle de Baccetti et al. (113) n'ont pas trouvé de différence au niveau du volume naso et aéropharyngé entre les sujets traités par masque facial et les sujets sans traitement du groupe contrôle. Cependant, ces études évaluent des changements de la filière aérique en 2D.

Il semble alors légitime de s'interroger sur l'effet mandibulaire du protocole BAMP au niveau pharyngé surtout chez les patients à haut risque de Syndrome d'Apnée Obstructive du Sommeil (SAOS). En effet, ce protocole restreint la croissance mandibulaire par fermeture de l'angle goniale, distalisation du ramus et repositionnement postérieur du condyle par remodelage de la fosse glénoïde. (89,114) Or la réduction du volume aéropharyngé est un facteur de risque de développement du SAOS. (115)

En 2015, l'équipe de Nguyen et De Clerck (116) comparait pour la première fois le volume de la filière pharyngée chez 28 patients ayant bénéficié du protocole BAMP (âge moyen 11,9 ans) versus 28 patients d'un groupe contrôle (âge moyen 12,4 ans) grâce à une évaluation en trois dimensions.

Après analyse des cone beam et des téléradiographies extraites, ils constatent une augmentation significative du volume pharyngé ainsi qu'une légère augmentation de la partie la plus comprimée du carrefour aéropharyngé.

<p><b>Le protocole BAMP n'empêche pas le développement de l'oropharynx. Les patients présentent même une augmentation du volume de la filière aérique.</b></p>
--

En somme, nous avons donc vu que les études de **Sar (60)**, **Lee (93)** et **Koh & Chung (106)**, mettent en lumière sur les avantages du **masque facial sur miniplaques** avec une meilleure réponse squelettique en un temps plus court ; une efficacité corroborée par un effet sur l'ensemble de l'étage moyen de la face. Particulièrement indiquée en typologie verticale, il serait préférable de l'utiliser juste avant le pic de croissance, ce qui ne serait pas conseillé avec l'ancrage dentaire car il provoquerait des compensations alvéolaires plus marquées. Cependant cette technique utilise des forces lourdes : 400 g par côté.

Les études de **Cevitanes (59)** et **Hino (31)** mettent en exergue des effets potentialisés (3 mm d'avancée supplémentaires) avec un strict contrôle de sens vertical pour le **protocole BAMP**. Ces données sont d'autant plus précises grâce à l'apport de la 3D. De plus, la dispense du masque permet d'éviter la linguoversion des incisives mandibulaires. Aussi, des forces plus douces sont-elles appliquées (100 à 250 g par côté), en continu.

Autre avantage de l'ancrage squelettique, une durée globale du traitement plus courte puisque commencé plus tard, la phase II représentant la partie orthodontique peut être débutée sans transition. (59)

Une palatoversion des incisives maxillaires a été observée dans certaines études (59,93). Ce changement pourrait être dû à la rotation horaire du maxillaire ainsi qu'à la décompensation du décalage squelettique.

Récemment, **les nouveaux protocoles (30,107,108,111)**, étudiés par **Sar en 2014**, **Kim la même année**, **Yilmaz en 2015** et **Katyal en 2016**, proposent de débuter le traitement plus tôt, d'être moins invasif et d'établir des variantes en fonctions de la typologie où même l'apport bénéfique des corticotomies est établi.

Aucun consensus n'est pour autant établi à propos de l'utilisation de l'ancrage squelettique tant au niveau du protocole, de ses indications, que sur la balance bénéfice-risque.
---

## **II. La protraction maxillaire avec miniplaques d'ancrage : analyse systématique de revues de la littérature et méta-analyses.**

### **2.1. Contexte**

Le traitement orthopédique conventionnel semble représenter une perte de chance pour le patient. En effet, la stabilité du traitement est compromise par une réponse squelettique parasitée par des effets dento-alvéolaires mais aussi squelettiques indésirables.

Comme énoncé précédemment l'ancrage squelettique présente aussi certains inconvénients. Ce sont en effet des traitements invasifs qui peuvent présenter une certaine instabilité en cours de traitement. Les suites post-opératoires et la nécessité d'une hygiène scrupuleuse rendent encore plus sceptiques quant à son utilisation en routine chez les patients présentant les critères de choix du traitement par ancrage squelettique.

Or à ce jour, le traitement orthopédique des classes III par ancrage squelettique évolue de façon croissante. Cette option nouvelle apparaît comme prometteuse au niveau clinique. Les revues systématiques et méta-analyses sont des outils puissants permettant de résumer les dernières données evidence-based. Nous essayerons au travers d'une analyse systématique de revues de littérature et méta-analyses d'en ressortir l'intérêt de son utilisation et quelques recommandations.

Cette revue systématique a été conduite selon les lignes directrices publiées dans le rapport PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses, Moher et al. (117), 2010). Ces recommandations consistent en une liste de vingt-sept items et un diagramme afin de réaliser des revues systématiques avec méthodologie, d'en sortir des recommandations et de les interpréter.

Evaluation de la qualité méthodologique des revues systématiques grâce à l'outil AMSTAR (A MeaSurement Tool to Assess systematic Reviews) 2007 :

Outil de mesure fiable et validé permettant d'évaluer la qualité d'une revue systématique (Shea et al. (118,119)), il consiste en une série de 11 questions auxquelles nous devons répondre par « oui », « non », « impossible de répondre » ou « sans objet ». Chaque « oui » donne un score de 1 point, les autres réponses 0 point. L'agence canadienne du médicament et des technologies de la santé classe les revues systématiques selon leur qualité de la manière suivante : faible (scores 0-3), moyenne (scores 4-7) et élevée (scores 8-11) (Rogante et al. (120))

Les questions posées sont :

1. Un plan de recherche établi a priori est-il fourni ?
2. La sélection des études et l'extraction des données ont-ils été confiés à au moins deux personnes ?
3. La recherche documentaire était-elle exhaustive ?
4. La nature de la publication (littérature grise, par exemple) était-elle un critère d'inclusion ?
5. Une liste d'études (incluses et exclues) est-elle fournie ?
6. Les caractéristiques des études incluses sont-elles indiquées ?
7. La qualité scientifique des études incluses a-t-elle été évaluée et consignée ?
8. La qualité scientifique des études incluses dans la revue a-t-elle été utilisée adéquatement dans la formulation des conclusions ?
9. Les méthodes utilisées pour combiner les résultats des études sont-elles appropriées ?
10. La probabilité d'un biais de publication a-t-elle été évaluée ?
11. Les conflits d'intérêts ont-ils été déclarés ?

Fig 16 : Fiche d'évaluation AMSTAR.

Qualité des études selon l'HAS (2000) :

Système de gradation des recommandations des publications pour évaluer leur niveau de preuve scientifique (1 à 4) et la force de leurs recommandations (grade A, B, C).

NIVEAU DE PREUVE SCIENTIFIQUE FOURNI PAR LA LITTERATURE	GRADE DES RECOMMANDATIONS
<p><b>Niveau 1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Essais comparatifs randomisés de forte puissance</li> <li>- Méta-analyse d'essais comparatifs randomisés</li> <li>- Analyse de décision basée sur des études bien menées</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>A</b></p> <p style="text-align: center;">Preuve scientifique établie</p>
<p><b>Niveau 2</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Essais comparatifs randomisés de faible puissance</li> <li>- Études comparatives non randomisées bien menées</li> <li>- Études de cohorte</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>B</b></p> <p style="text-align: center;">Présomption scientifique</p>
<p><b>Niveau 3</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Études cas-témoin</li> </ul> <p><b>Niveau 4</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Études comparatives comportant des biais importants</li> <li>- Études rétrospectives</li> <li>- Séries de cas</li> <li>- Études épidémiologiques descriptives (transversale, longitudinale)</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>C</b></p> <p style="text-align: center;">Faible niveau de preuve scientifique</p>

Fig 17 : Qualité des études selon l'HAS 2000 (Source : <https://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/analiterat.pdf>)

## 2.2. Objectifs

Le but de cette vue d'ensemble de revues systématiques et méta-analyses est d'analyser leur qualité méthodologique et leurs résultats sur les effets des miniplaques d'ancrage dans le traitement orthopédique des classes III tant au niveau quantitatif que qualitatif.

## 2.3. Matériel et méthodes

### 2.3.1. Critères d'inclusion

Type d'étude : toutes les publications telles que les revues systématiques de la littérature ainsi que les méta analyses étaient incluses afin d'avoir une vue d'ensemble sur des résultats à potentiel haut niveau de preuve sur ce protocole.

Type de participants : Les critères d'inclusion étaient des patients classe III en croissance ayant eu un traitement par miniplaques d'ancrage.

Les patients présentant des syndromes, des malformations crânio-faciales (fente labio-alvéolo-palatines) ainsi qu'une précédente chirurgie maxillo faciale étaient exclus.

Type de traitement : traitement interceptif de classe III type protraction maxillaire sur miniplaques.

Comparaison : DAMP (Dental Anchorage Maxillary Protraction), contrôle ou sans comparaison étaient acceptés.

### 2.3.2. Critères de jugement

Les critères de jugements principaux sont la correction du décalage squelettique tant au niveau quantitatif (en mm), que qualitatif (diminution des effets dento alvéolaires, maîtrise du sens vertical, etc.). Nous attacherons aussi une importance au temps de traitement, à l'observance et au protocole.

### 2.3.3. Méthode de recherche des études

Les recherches ont été effectuées sur :

- PubMed/MEDLINE (jusqu'à mars 2018) ;
- Cochrane Database of Systematic Reviews CDSR (Janvier 2018) ;
- Embase (sciencedirect.com) (de 2007 à mars 2018) ;
- SIGLE (jusqu'en mars 2018) ;
- Google Scholar (jusqu'à mars 2018).

La recherche a été complétée par une recherche manuelle afin d'ajouter des études via les références bibliographiques des articles inclus au moment de la recherche initiale.

La recherche a été sans limite de temps et actualisée jusqu'en février 2018 en anglais ou en français.

Une liste de termes MeSH et non-MeSH a été établie pour orienter le champ de recherche sur le sujet d'étude. La stratégie de recherche sur PubMed a été adaptée pour être utilisée sur les autres moteurs de recherche.

Le fil de recherche incluait une série de termes sur :

- L'ancrage squelettique (« (skeletal\* anchor\* OR bone anchor\* OR mini-plate\* OR bone screw OR bone plate OR TAD OR TADs OR temporary anchorage device) »)

Combiné avec des termes relatifs à :

- La protraction maxillaire (“(maxilla\* protraction OR midfac\* protraction OR facemask OR reverse pull headgear OR Delaire OR Petit) »),
- Aux classes III (« (skeletal class III OR class 3 OR midface deficien\* OR retrognathic maxilla OR mandibular prognathism OR mandibular hyperplasia OR maxillary retrusion OR maxillary hypoplasia OR mandibular protrusion OR angle class III) »)
- Au traitement orthopédique (« (intercept\* OR interceptive treatment OR early treatment OR orthopedic treatment OR interceptive orthodontic OR interceptive OR early therapy OR children OR phase 1) »).

La stratégie de recherche sur PubMed est résumée dans le tableau suivant :

Etapas N°	Mots Clés / Stratégie de recherche	Nombre de références trouvées (N)
1	skeletal* anchor* OR bone anchor* OR mini-plate* OR bone screw OR bone plate OR TAD OR TADs OR temporary anchorage device	N=58725
2	maxilla* protraction OR midfac* protraction OR facemask OR reverse pull headgear OR Delaire OR Petit	N=12867
3	skeletal class III OR class III OR midface deficien* OR retrognathic maxilla OR mandibular prognathism OR mandibular hyperplasia OR maxillary retrusion OR maxillary hypoplasia OR mandibular protrusion OR angle class III	N=47496
4	intercept* OR interceptive treatment OR early treatment OR orthopedic treatment OR interceptive orthodontic OR interceptive OR early therapy OR children OR phase 1	N=3434651
5	(1) AND (3) AND ((2) OR (4))	N=312

**Tableau 18 : stratégie de recherche bibliographique**

#### 2.3.4. Collecte des données et analyse

Les études retenues comme pertinentes au niveau du titre et du résumé ont été lues dans leur intégralité. Si le résumé ne présentait pas suffisamment d'information pour prendre une décision, l'article était lu dans son intégralité.

Après lecture complète de leur texte, celles ne présentant pas tous les critères d'inclusion ou présentant un critère d'exclusion étaient rejetées. Les raisons pour lesquelles elles ont été exclues ont été répertoriées dans le diagramme de flux.

Les données suivantes furent collectées pour chaque article après lecture du contenu entier :

- ✓ L'année de publication
- ✓ L'auteur
  
- ✓ Le type d'étude
- ✓ La problématique
  
- ✓ La qualité des articles selon l'HAS
- ✓ L'analyse de leur qualité méthodologique selon l'outil AMSTAR (Assessment of multiple systematic reviews)
  
- ✓ Conclusion (résultats, intérêt de l'article et ses perspectives)

## 2.4. Résultats

### 2.4.1. Description des études :

La recherche initiale a identifié 312 articles.

Après évaluation des titres et des résumés et retraits des doublons 6 articles pouvaient être potentiellement inclus.

En appliquant les critères de sélection 4 articles ont été inclus dans l'analyse qualitative après lecture de leur contenu.

Le diagramme de flux suivant donne une vue d'ensemble du processus de sélection :

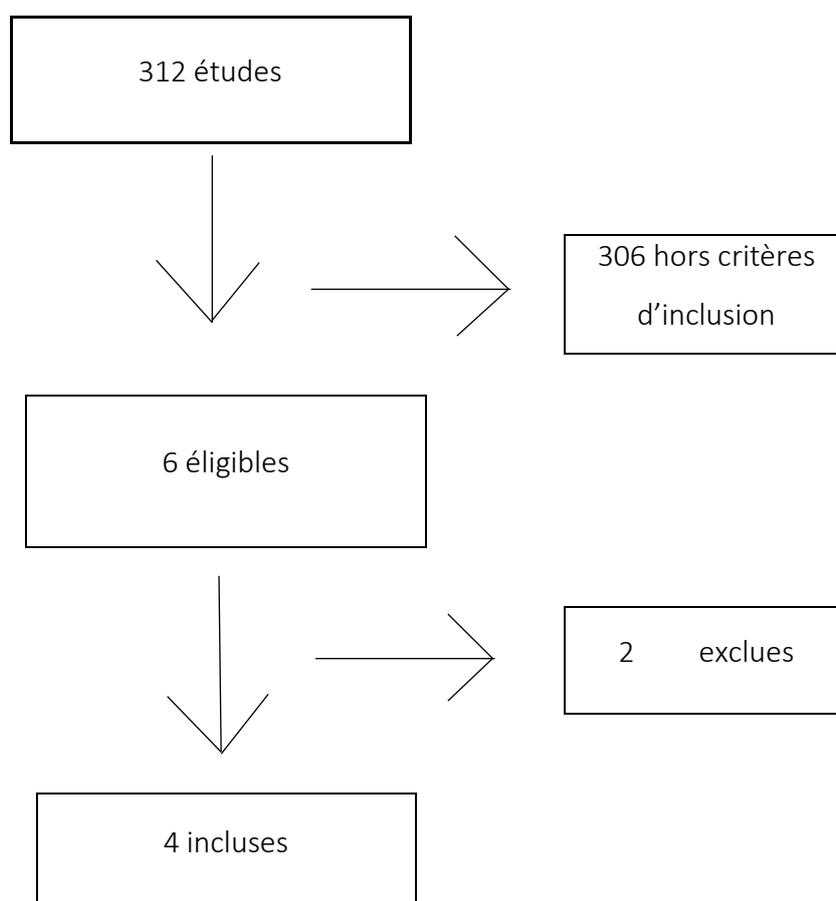


Fig 19 : diagramme de flux du processus de sélection des études

Études exclues : 2 études ont été exclues pour les raisons suivantes :

- Type de traitement : 1 revue de littérature et méta-analyse sur la protraction maxillaire à ancrage conventionnel (Woon 2017 (1))
- Langue : 1 revue de littérature rédigée en Allemand (Vermeulen 2014 (121))

#### 2.4.2. Qualité des études incluses

Études incluses : sur les 4 études, 3 étaient des méta-analyses et 4 des revues de littérature puisque celles de Feng, Major et Rodriguez étaient à la fois revue de littérature et méta-analyse.

#### **Feng 2012 : (122)**

Type d'étude : revue de la littérature / méta-analyse

Problématique : Les résultats prometteurs de l'ancrage squelettique ne sont basés que sur des rapports de cas ; des incertitudes demeurent concernant l'extrusion molaire et la vestibuloversion incisive maxillaire.

Objectif : Évaluer l'efficacité de la protraction maxillaire à ancrage squelettique au niveau squelettique et dento-alvéolaire. En comparaison avec la technique traditionnelle.

Nombre et type d'études incluses :

Critères d'inclusion : essais cliniques randomisés, études cliniques contrôlées et études prospectives ;

Eligibles : 4 études prospectives.

Qualité de l'article selon l'HAS : Grade A : Une méta-analyse bien conduite nécessite au minimum 4 études cliniques. Ici, 3 études cliniques ont été incluses mais étant de nature prospectives et contrôlées avec une taille d'échantillon adéquate, les auteurs ont estimé qu'ils pouvaient poursuivre leur travail.

Conclusion : L'ancrage squelettique permet une meilleure réponse maxillaire en minimisant les effets parasites squelettiques et dento-alvéolaires en comparaison avec l'ancrage dentaire.

**Major 2012 : (105)**

Type d'étude : revue de la littérature / méta-analyse

Problématique : de récentes études cliniques ont démontré un fort potentiel clinique de l'ancrage squelettique ; une méta-analyse permettrait d'émettre des recommandations evidence-based.

Objectif : évaluer l'efficacité de la protraction maxillaire à ancrage squelettique tant au niveau de la technique intra-orale qu'extra-orale. Comparaison avec l'ancrage dentaire conventionnel.

Nombre et type d'études incluses :

Critères d'inclusion : études cliniques randomisées ou non, séries de cas ou rapports de cas ;

Eligibles : 4 essais cliniques et 9 rapports de cas.

Qualité de l'article selon l'HAS : grade A, même si la taille des échantillons des études incluses demeure insuffisante pour les auteurs avec une grande hétérogénéité des protocoles.

Conclusion : Les praticiens utilisant l'ancrage squelettique obtiendront une meilleure réponse squelettique avec peu d'effets dento-alvéolaires.

**Sahin 2016 : (123)**

Type d'étude : revue de la littérature (narrative)

Problématique : le traitement classique implique des effets dento-alvéolaires indésirables compromettant la stabilité à long terme.

Objectif : synthèse des articles scientifiques concernant les traitements orthopédiques par ancrage squelettique dans les classes III en 2016.

Nombre et type d'études incluses : 21 articles : 11 série de cas, 2 mises au point, 2 notes techniques, une étude animale.

Qualité de l'article selon l'HAS : grade C

Conclusion : première technique véritablement orthopédique faisant face à une méconnaissance des praticiens et à la réticence des patients eu égard au protocole.

**Rodríguez 2017 : (124)**

Type d'étude : revue de littérature et méta-analyse

Problématique : malgré un certain nombre d'inconvénients l'ancrage squelettique continue son évolution, pourquoi ?

Objectif : évaluer l'efficacité du traitement interceptif des classes III utilisant l'ancrage squelettique.

Nombre et type d'études incluses :

Critères d'inclusion : revues systématiques, méta-analyses, études cliniques randomisées, contrôlées, études de cohorte à la fois rétrospectives ou prospectives ;

Eligibles : 9 études dont 8 études cas-témoins et 1 étude clinique contrôlée.

Qualité de l'article selon l'HAS : grade A

Conclusion : l'ancrage squelettique est efficace dans le traitement orthopédique des classes III cependant il n'y a pas de preuve claire quant à sa supériorité face au traitement traditionnel de type disjonction/masque facial.

**Qualité méthodologique :**

**Feng et al. 2012** : 3 articles étaient de qualité moyenne à haute ; seulement un article était de faible qualité. 3 des 4 études sélectionnées étaient prospectives et contrôlées avec une taille d'échantillon suffisante.

**Major et al. 2012** : Les patients des rapports de cas / séries de cas présentaient une classe III significativement plus sévère que ceux des essais cliniques. L'évaluation de la qualité méthodologique des études cliniques a bien pris en compte le fait qu'il manque la justification du choix de la taille de l'échantillon, un manque de randomisation et d'évaluation à l'aveugle.

**Sahin et al. 2016** : Il s'agit d'une revue de littérature narrative, sans analyse quantitative.

**Rodríguez et al. 2017** : L'évaluation de la qualité méthodologique a bien pris en compte le faible nombre d'articles inclus, la plupart des variables analysées étaient extraites de seulement 2 articles.

Revue Questions AMSTAR (Fig 16)	FENG 2012	MAJOR 2012	SAHIN 2016	RODRIGUEZ 2017
1	OUI	OUI	OUI	OUI
2	OUI	OUI	Impossible de répondre	OUI
3	OUI	OUI	NON	OUI
4	NON	OUI	NON	OUI
5	NON	OUI	NON	OUI
6	OUI	OUI	OUI	OUI
7	OUI	OUI	OUI	OUI
8	OUI	OUI	NON	OUI
9	OUI	OUI	Sans objet	OUI
10	OUI	OUI	Sans objet	OUI
11	NON	NON	NON	NON
Score AMSTAR	<b>8 (élevé)</b>	<b>10 (élevé)</b>	<b>3 (faible)</b>	<b>10 (élevé)</b>

Tableau 20 : Qualité méthodologique selon l'outil AMSTAR (tableau récapitulatif)

### 2.4.3. Effet des interventions

#### 2.4.3.1. Effets squelettiques

##### 2.4.3.1.1. Avancée maxillaire

Dans sa méta analyse (122), Feng trouve une avancée maxillaire de + 3,08 mm par rapport au groupe contrôle et de + 1,41 mm par rapport au traitement classique. Le traitement est non seulement efficace mais réalise plus d'avancée que le traitement classique.

Feng relève l'étude de Sar et al. (60) démontrant une avancée mensuelle du maxillaire doublée par rapport à l'ancrage dentaire (0,45 mm contre 0,24 mm par mois), ceci grâce à l'action directe de la force sur les sutures du prémaxillaire non consommée par le ligament alvéolo-dentaire.

Dans sa revue de la littérature et méta analyse, Major (105) trouve également une avancée maxillaire de 3 mm pour l'ancrage squelettique à traction extra orale (E-SAMP) et même de 4 à 5 mm pour les tractions intra orales (I-SAMP).

Si l'on prend l'exemple de la technique E-SAMP, les études cliniques ont montré des changements squelettiques conséquents : A-NLF + 2,9 mm, Wits + 5,4 mm, ANB + 4,4°, surplomb + 7,7 mm.

Une avancée similaire est obtenue dans les séries de cas/cas cliniques bien que plus élevée (A-NLF + 4,1 mm). L'ancrage squelettique aboutit donc à plus changement squelettique : au moins 1 mm d'avancée maxillaire supplémentaire et ce, avec des effets dento-alvéolaires négligeables. Major précise que l'ancrage squelettique et l'ancrage dentaire aboutissent à des résultats cliniques similaires au niveau du surplomb mais ce résultat ne doit pas occulter le fait que cette correction est obtenue avec une forte composante alvéolaire pour l'ancrage dentaire.

Dans ces méta-analyses de 2012 (105,122) on a donc une efficacité de l'ancrage squelettique avec peu d'effets dento-alvéolaires : 3 mm en moyenne jusqu'à 8 mm d'avancée maxillaire.

Dans leur revue de littérature et méta-analyse, Rodríguez et al. (124) trouvent des changements significatifs dans toutes les variables examinées dans les groupes à ancrage squelettique comparé au groupe contrôle sans traitement avec une augmentation significative de l'indice de Wits (+ 7,8 mm), du surplomb (+ 6,52 mm), de l'ANB (+ 6,07°) avec SNA + 2,7° et SNB – 3,07°.

Comparé au traitement conventionnel par masque facial à ancrage dentaire combiné à la disjonction l'équipe de Rodríguez obtient une augmentation significative de l'indice de Wits (+ 1,28 mm) et du SNA (+ 0,60°) et aucune différence significative au niveau du surplomb (-0,3 mm) ni de l'ANB (+ 0,29°) et du SNB (+ 0,06°).

Dans leur revue de littérature, Sahin et al. (123) cite l'étude animale de Ito et al. (125) qui démontre une avancée maxillaire significative par apposition osseuse suturale maxillomalaire.

En termes de modification protocolaire, le rapport de cas de Degala et al. (126) montre avec succès l'utilisation de miniplaques mandibulaires associées à un disjoncteur maxillaire.

L'étude clinique contrôlée de De Clerck et al. (89) et pilote de Kaya et al. (99) sont citées, on y retrouve une avancée significative du point NP (bord antérieur de l'orifice du canal palatin) et du point A. Selon De Clerck, les tractions sur plaques (intra-orales) sont plus efficaces avec moins d'effets parasites que le masque de Delaire.

Enfin, l'apport de l'imagerie 3D a permis à Baccetti et al. (102) de conclure à une avancée significative du maxillaire de 4 mm avec des effets négligeables sur la mandibule.

#### 2.4.3.1.2. Impact sur le sens vertical

Au niveau du sens vertical, Feng (122) relève un meilleur contrôle mandibulaire (Mandibular Plane-Frankfort Horizontal MP-FH : -1,39°) par rapport au traitement classique. Dans l'étude de Sar et al. (60), le changement d'orientation du plan mandibulaire demeure incertain si l'on compare au groupe contrôle mais comparé à l'ancrage dentaire la rotation du plan mandibulaire est significativement diminuée.

Major (105) relève également un contrôle du sens vertical avec une rotation mandibulaire négligeable de 1,2° pour la technique E-SAMP.

La revue de littérature de Sahin et al. (123) répertorie l'étude clinique comparative de Sar et al. (30) qui révèle également des changements sagittaux significatifs avec une supériorité des tractions sur miniplaques intra-orales comparé aux tractions extra-orales avec, outre moins d'effets dento-alvéolaires, moins d'effets parasites sur la rotation maxillaire. L'étude de Hino et al. (31) obtient également un meilleur contrôle vertical grâce à l'ancrage osseux.

#### 2.4.3.1.3. Modifications mandibulaires

Sahin (123) évoque le recul des condyles retrouvé dans l'étude animale de Ito et al. (125). Un recul condylien et mentonnier avec fermeture de l'angle gonioque est confirmé par l'étude de Nguyen et al. (114).

### **2.4.3.2. Effets dento-alvéolaires**

#### 2.4.3.2.1. L'axe de l'incisive maxillaire

Feng (122) relève des résultats disparates : De Clerck et al. (89) ne trouvent pas de différence par rapport au groupe contrôle alors que Sar et al. (60) trouvent une linguoversion significative. Néanmoins, le traitement classique montre en moyenne une vestibuloversion significative des incisives maxillaires alors qu'il note une différence de  $-2,29^\circ$  pour l'ancrage squelettique.

Feng nous notifie bien que la vestibuloversion est plus marquée dans l'ancrage dentaire mais bien qu'elle soit nécessaire pour corriger un articulé croisé antérieur, dans le cas d'un déficit maxillaire, un orthodontiste cherche plutôt à avancer le maxillaire que les incisives (risque parodontal). Ces effets parasites augmentent avec l'âge quand la protraction maxillaire à ancrage dentaire traite les enfants de plus de 10 ans (11,12).

Major (105) ne relève également aucune compensation dentaire pour la technique E-SAMP avec une variation de l'axe de l'incisive négligeable:  $\Delta UI -0,3^\circ$ .

#### 2.4.3.2.2. Déplacement de la molaire maxillaire

Au niveau de l'égression des molaires maxillaires, Feng (122) note qu'elle est bien évitée avec l'ancrage squelettique. Il prend en compte l'étude de Lin et al. (127) montrant que le traitement classique provoque une égression molaire de 3,8 mm.

Major (105) démontre également une absence d'égression molaire pour l'ancrage squelettique.

Au niveau de la mésialisation molaire maxillaire, Feng (122) prend en compte l'étude de Cha et Ngan (101) montrant que le traitement classique provoque une mésialisation molaire significative, idem pour Lin et al. (127) qui montrent une mésialisation de 3,4 mm dans le groupe à ancrage dentaire.

## 2.5. Discussion

Major conclue que pour un patient pouvant être candidat au protocole DAMP (ancrage dentaire), le protocole SAMP (ancrage squelettique) permet d'obtenir le même résultat clinique à savoir un surplomb positif mais avec essentiellement des changements squelettiques et peu ou pas d'effet dento-alvéolaire. Les résultats du protocole à ancrage dentaire de cette méta analyse étaient similaires à la méta analyse de Kim et al. (12) portant sur l'efficacité de la protraction maxillaire par masque de Delaire. Ainsi les résultats rapportés ici semblent exacts et non sous-estimés. La supériorité de l'ancrage squelettique par rapport à l'ancrage dentaire obtenue dans la présente méta analyse est donc bien réelle.

Technique intra-orales versus extra-orales :

Les résultats obtenus pour la E-SAMP (technique extra-orale) ont pu être sous-estimés par un biais de sélection. En effet ce traitement a pu être attribué aux cas présentant un déficit maxillaire léger.

De plus, parmi les articles traitant de la technique E-SAMP, les séries de cas et cas cliniques (3,95,101) présentaient un déficit maxillaire plus important que les études cliniques prospectives (32,60) impliquant un risque de biais élevé.

Les techniques intra-orales et extra-orales n'ont pas été groupées dans la méta-analyse car De Clerck utilise une analyse céphalométrique incompatible avec les cas E-SAMP, ce qui pourrait inclure également des biais.

Une comparaison statistique entre E-SAMP et I-SAMP (technique intra-orale) n'était donc pas possible cependant les données numériques recueillies suggèrent que la protraction maxillaire est plus efficace pour la technique I-SAMP. Efficacité due probablement à la coopération du patient, plus évidente dans le groupe I-SAMP.

Néanmoins la population incluse dans les études I-SAMP présente une classe III sévère donc les mêmes résultats pourraient être retrouvés pour E-SAMP. La différence observée ici n'est donc basée sur aucune preuve.

Quant au taux d'efficacité des SAMP, leurs effets squelettiques ont pu être sous-estimés puisque :

Les cas cliniques E-SAMP non-inclus portaient de patients plus sévères mais avec des résultats de surplomb positif similaires.

Les études cliniques I-SAMP non incluses de De Clerck (59,89) montraient même plus de changements que les cas cliniques E-SAMP.

Pour les cas cliniques SAMP, on trouve le même résultat clinique final malgré un décalage initial plus sévère. Ceci peut être expliqué par le fait que les cas présentés par les praticiens sont en général ceux qui ont obtenus les meilleurs résultats.

Toujours pour éviter les biais de sélection, pour les études cliniques comparant l'ancrage dentaire à l'ancrage squelettique, les patients inclus représentent uniquement des classes III pouvant être traitées de façon éthique par ancrage dentaire c'est à dire les classes III légères à modérées.

Ainsi, les études cliniques incluant moins de patients sévères, l'efficacité de l'ancrage squelettique a pu être sous-estimée.

Les données actuelles disponibles pour les cas modérés à sévères ne sont que des rapports de cas.

Seulement deux études cliniques ont pu être incluses dans la méta-analyse, ce qui paraît insuffisant pour l'établissement d'une méta-analyse conventionnelle, cependant la très bonne qualité méthodologique permet de maintenir un niveau de preuve élevé.

Pour rappel, dans le travail de Feng 2012, trois articles présentent des niveaux de preuve modérés à hauts, seul un article était de faible niveau de preuve. Trois des quatre études sélectionnées étaient prospectives et contrôlées avec une taille d'échantillon adéquate.

Feng souligne l'hétérogénéité des études incluses au niveau des interventions et des résultats.

Tout d'abord, la protraction maxillaire réalisée avec élastiques extra oraux ou intra oraux provoquera une direction de la force différente selon la technique. Ce biais est donc à prendre en compte dans des études futures à plus haut niveau de preuve.

En accord avec les études préliminaires de Kircelli en 2008 (3) et De Clerck en 2010 (89), l'ancrage squelettique a un potentiel d'avancée maxillaire plus large que l'ancrage dentaire mais le problème de la sévérité initiale de la dysmorphose se pose également ici, en effet l'avancée varie de +1,61 mm à +8 mm.

Les résultats divergent également à propos de la mésialisation molaire.

Les résultats doivent être vérifiés par des études cliniques randomisées avec un suivi à long terme en partie à cause de la petitesse des échantillons.

Pour Sahin en 2016, l'efficacité de cette technique orthopédique de traitement des classes III est claire avec des effets dento-alvéolaires nettement diminués voire supprimés (89). L'action de cette technique est essentiellement orthopédique (59). Des doutes persistent quant aux effets sur la vestibuloversion des incisives maxillaires ou l'égression des molaires maxillaires (59,60,89,99).

Cependant pour Sahin, la réalisation de méta-analyse est compromise à cause du faible nombre d'études respectant les critères d'inclusion et de l'absence de comparabilité des groupes au départ puisque les cas traités par ancrage squelettique sont le plus souvent des cas sévères ; problématique évoquée dans les méta-analyses de 2012.

Le travail de Sahin reste cependant une revue de littérature narrative.

La méta-analyse de Rodríguez inclut également des ancrages squelettiques de type minivis, cependant il nous a paru judicieux de l'inclure eu égard au faible nombre de méta-analyses traitant de l'ancrage squelettique dans la littérature.

Ce travail met également l'accent sur la multiplicité des protocoles dans le traitement de ces malocclusions.

Selon les études, la technique BAMP (Bone Anchored Maxillary Protraction) consistait en l'utilisation de 4 miniplaques : 2 sur la crête infra zygomatique et 2 entre les incisives latérales inférieures et les canines. La force initiale était de 100 g par côté jusqu'à atteindre 250 g par côté. (31,102,103) .

Dans un groupe, Sar et al. (30) plaçait 2 miniplaques sur la partie maxillaire du mur nasal latéral et 7 jours plus tard, appliquait une force de 400 g par côté à raison de 16 heures par jour en utilisant un masque de Delaire. Dans l'autre groupe, ils plaçaient 2 miniplaques sur la symphyse, reliées via des élastiques intermaxillaires à un disjoncteur maxillaire scellé. Une semaine après ils appliquaient une force de 500 g 24h/24.

Koh et Chung (106) utilisait le protocole SAFM (Skeletal Anchorage Facemask) qui consiste à s'ancrer sur des miniplaques et d'appliquer une force de 400 à 500 g par côté. La mise en charge commençait 2 à 3 semaines après la chirurgie. Les patients devaient porter le masque quasi 24h par jour sauf pendant les repas.

Aussi, les études prises en compte pour comparer l'ancrage squelettique au groupe contrôle présentaient un haut degré d'hétérogénéité pour la comparaison de l'indice de Wits, du surplomb et de l'ANB.

Celles utilisées pour comparer l'ancrage squelettique au protocole classique du masque facial combiné à la disjonction présentaient un haut degré d'hétérogénéité pour l'indice de Wits.

La comparaison de l'ancrage squelettique au traitement conventionnel fait également l'objet de biais de publication comme évoqué dans la méta-analyse de Major en 2012.

Ainsi, dans cette méta analyse de Rodríguez, peu d'études sont incluses pour diminuer les biais de publication et l'inclusion d'une nouvelle étude pourrait altérer les résultats.

Les principales limitations de cette revue systématique de la littérature sont non seulement le faible nombre d'articles mais aussi la présence de peu de variables dans certaines études bien qu'ayant une excellente qualité méthodologique.

### III. Cas clinique

#### 3.1. MA. J. 10 ans 6 mois

Orthodontiste : Dr Pascal BARON

Ce jeune patient, de 10 ans et demi, se présente en première consultation sans antécédents orthodontiques, ni d'hérédité directe de classe III.

Décembre 2015 :

##### 3.1.1. Examen clinique exo-buccal :

Le profil est transfrontal dépassé, concave, avec une composante de rétrusion maxillaire et une progénie marquée ; l'étage inférieur est diminué. Le profil sous-nasal est concave avec une lèvre inférieure éversée et un angle naso-labial ouvert. Les seuils narinaires sont normaux en dépit d'une hypoplasie de la face moyenne.

##### 3.1.2. Examen clinique endo-buccal :

On constate des arcades en fin de denture mixte avec présence des germes de 75 et 85 ; les 33 et 43 sont enclavées, dans un contexte d'hygiène perfectible. Le maxillaire de forme elliptique présente une DDM sévère avec absence de place pour 13 et 23 soit environ -14 mm. L'encombrement mandibulaire est moindre, localisé en zone canine. Le E space est disponible.

##### 3.1.3. Examen fonctionnel :

L'examen ne révèle pas de troubles fonctionnels patents. La déglutition est normale, la perméabilité nasale correcte, il n'existe pas de para fonction. L'étiologie se porte sur une insuffisance respiratoire nasale inconstante liée à un asthme compensé par traitement sous *Béclométasone-Becotide®/Salbutamol-Ventoline®*. La manœuvre de de Nevreze est faiblement positive sans obtention d'un bout-à-bout incisif.



Figure 21 : Photographies exo-buccales avant traitement.



Figure 22 : Photographies endo-buccales avant traitement.

### 3.2. Examens complémentaires :

La filière aérique est normale sur la téléradiographie de profil. L'orthopantomogramme révèle une légère asymétrie condylienne avec présence des germes des 4 dents de sagesse ; pas d'image pathologique des sinus.

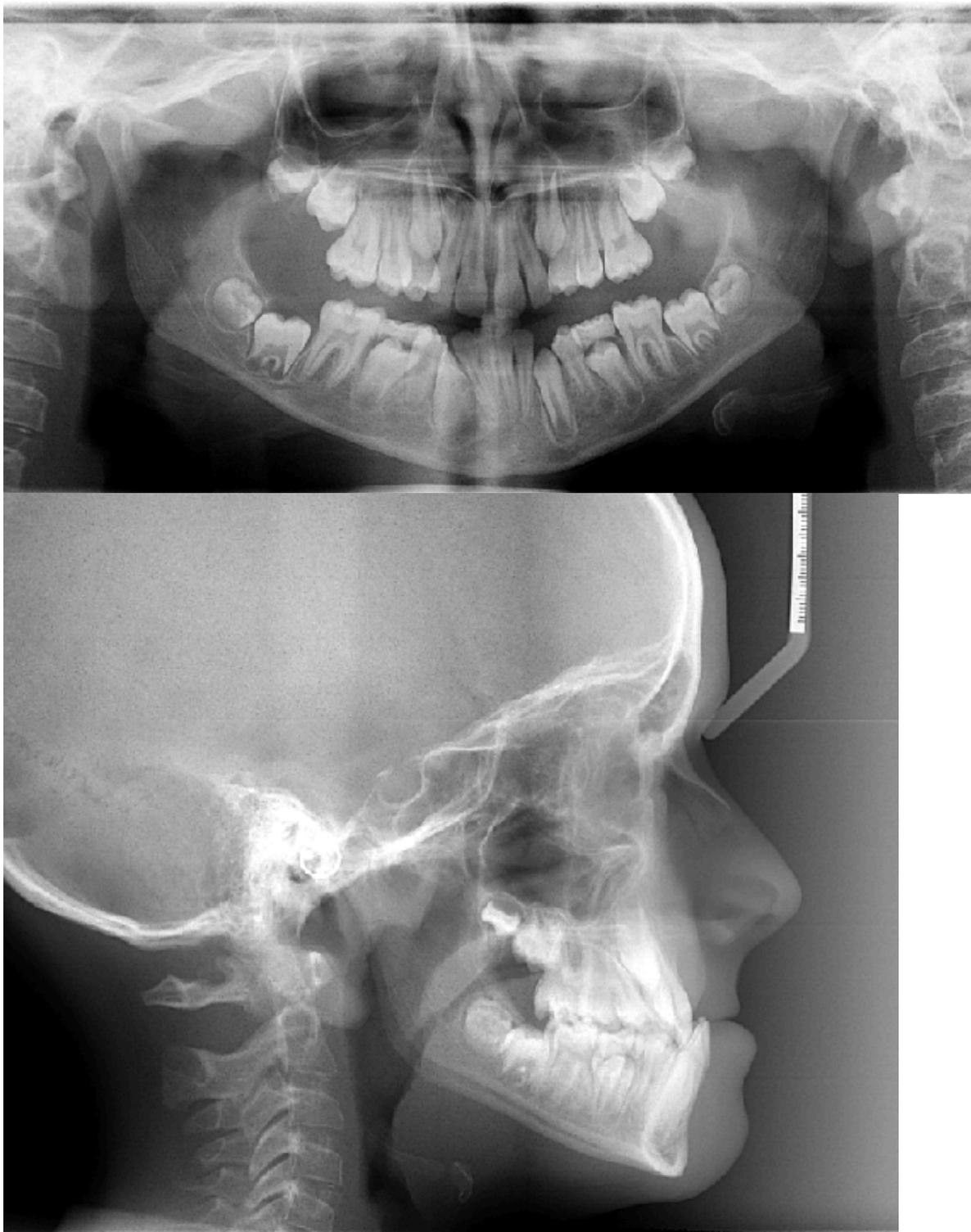


Figure 23 : orthopantomogramme (haut) ; téléradiographie de profil (bas) avant traitement.

### Analyse de Tweed

#### Analyse des bases osseuses maxillaire et mandibulaire

FMIA	$68^{\circ} \pm 0^{\circ}$	$66^{\circ}1$
FMA	$25^{\circ} \pm 0^{\circ}$	$25^{\circ}$
IMPA	$87^{\circ} \pm 0^{\circ}$	$88^{\circ}9$
SNA	$82^{\circ} \pm 0^{\circ}$	$79^{\circ}6$
SNB	$80^{\circ} \pm 0^{\circ}$	$81^{\circ}4$
ANB	$2^{\circ} \pm 0^{\circ}$	$-1^{\circ}8$
AO-BO	x	4.6 mm
i/I	$135^{\circ} \pm 0^{\circ}$	$140^{\circ}6$
Occl./S.Na	$14^{\circ} \pm 0^{\circ}$	$12^{\circ}8$
Total chin	x	13.8 mm
Upper lip	x	11.8 mm
Angle Z	$78^{\circ} \pm 0^{\circ}$	$79^{\circ}7$

**Figure 24 : Analyse céphalométrique de Tweed initiale**

#### 3.3. Diagnostique synthétique :

- Classe III par rétrognathie maxillaire, tendance hypodivergent.
- Classe III occlusale avec déviation des milieux. DDM sévère avec articulés croisés antérieur et latéral gauche ; recouvrement augmenté. 13 et 23 incluses, 33 et 43 enclavées.
- Légère palato-version des incisives maxillaires avec une incisive mandibulaire bien positionnée dans sa symphyse. Profil transfrontal avec rétrochéilie supérieure et concavité faciale.

### 3.4. Plan de traitement :

#### Phase 1 : # 6 mois

- Pose 2 miniplaques sur processus zygomatique + germectomie des 38/48 ;
- Appareillage multi-attaches/arcade mandibulaire : alignement – nivellement des secteurs latéraux / préparation d’ancrage
- Hypercorrection des rapports de classe III, nivellement 33/43

#### Phase 2 : # 9-12 mois

- Appareillage arcade supérieure : Alignement + ouverture des espaces 13/23
- Mise en place des canines

#### Phase 3 : # 6 mois

- Hypercorrection
- Intercuspitation-finitions

Durée de traitement prévue : # 24 mois

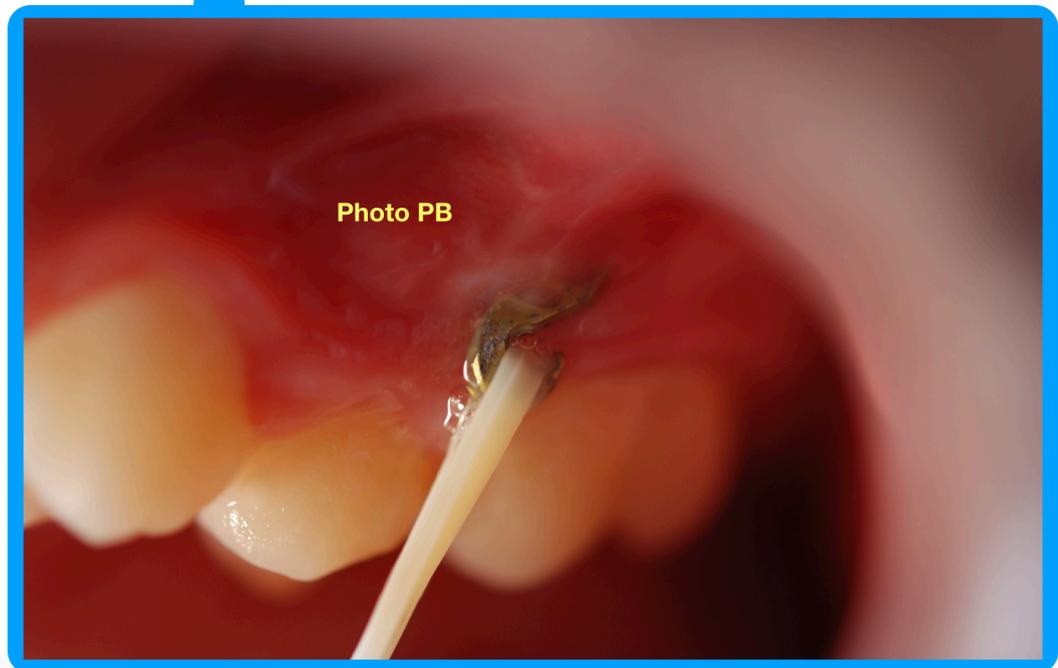
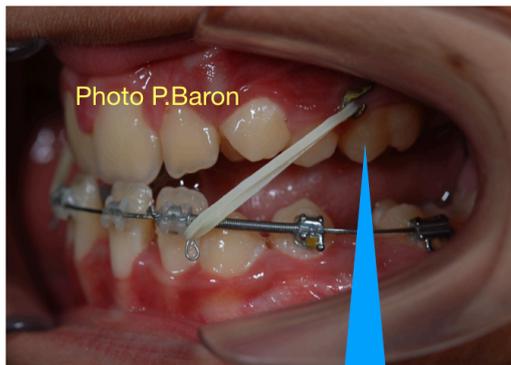
### 3.5. Suivi de traitement :

Etape 1 : décembre 2016 (+8 mois)



**Figure 25 : photographies endobuccales : TIM3 bilatéraux de MNP à 4.**

Les rapports molaires sont corrigés avec les prémolaires en classe 2. L’espace de 33/43 a été ouvert permettant la fin de l’éruption spontanée. L’articulé croisé antérieur reste inversé avec une diminution de l’underjet.



**Figure 26 : détails photographiques de la phase 1.**

Détails de phase : le point d'ancrage à l'arcade inférieure peut varier au gré de la mécanique recherchée. L'émergence de la tête de la plaque se fait au niveau de la ligne muco-gingivale minimisant les risques d'intolérance muqueuse.

### 3.6. Réévaluation radiographique : mai 2017 (+14 mois)



Figure 27 : Radiographie panoramique (réévaluation).

L'arcade inférieure est nivelée avec tipping distal des prémolaires et molaires. Les canines inférieures sont sur l'arcade. La distalisation a créé des diastèmes dans la zone antérieure. L'arcade supérieure vient d'être appareillée. Les 37 et 47 sont en cours d'éruption.

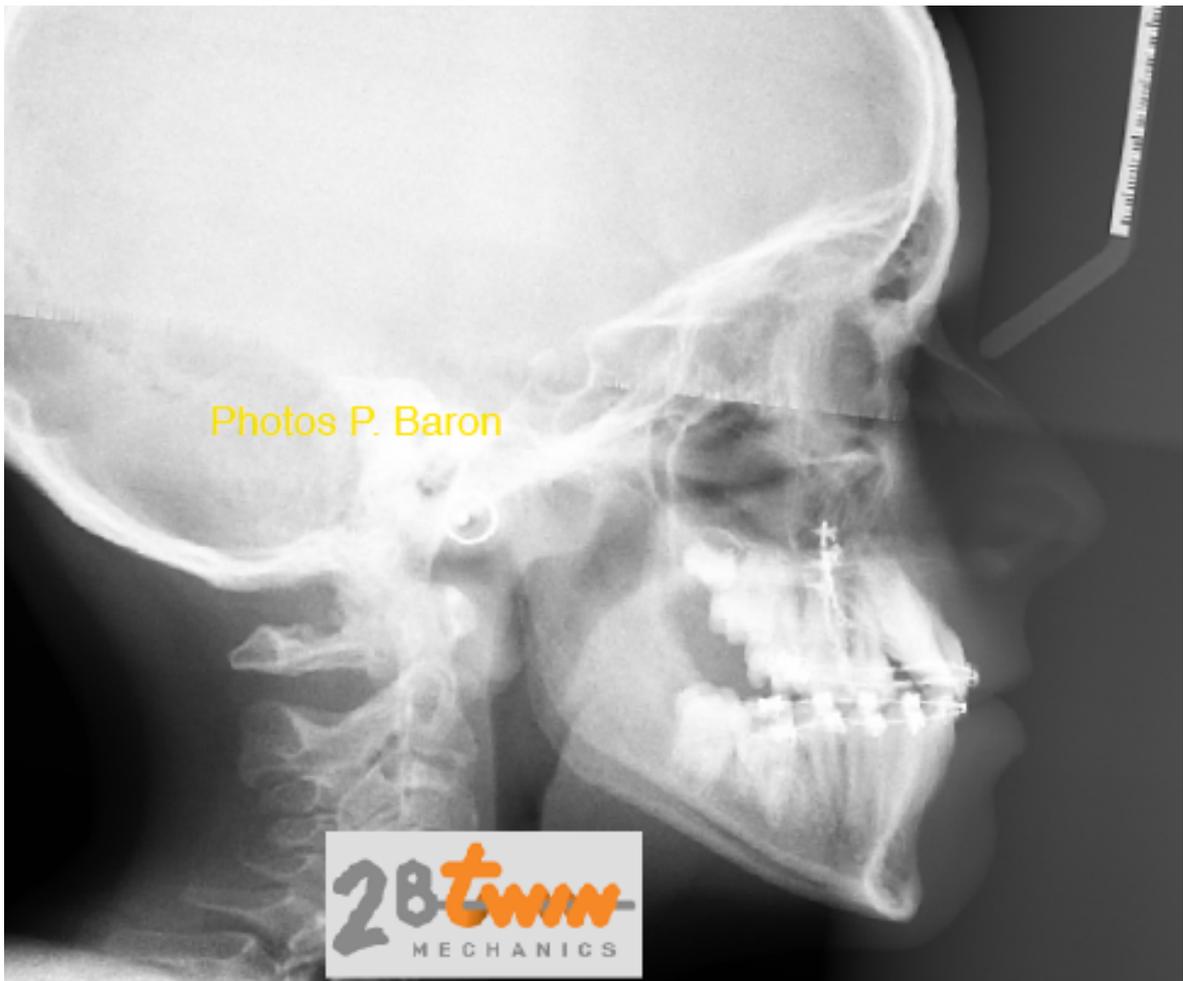


Figure 28 : Téléradiographie de profil (réévaluation)

L'articulé antérieur est corrigé. Les relations occlusales latérales sont passées en classe II, les rapports dento-squelettiques antérieurs sont corrigés. En à peine plus d'un an de traitement, l'ANB est passé de  $-2^\circ$  à  $+4^\circ$ . L'angle inter-incisif est optimisé ( $131^\circ$ ) avec une angulation incisive inférieure idéale (FMIA =  $67^\circ$ ).

## Analyse de Tweed

## Analyse des bases osseuses maxillaire et mandibulaire

FMIA	$68^{\circ} \pm 0^{\circ}$	68°7
FMA	$25^{\circ} \pm 0^{\circ}$	25°6
IMPA	$87^{\circ} \pm 0^{\circ}$	85°7
SNA	$82^{\circ} \pm 0^{\circ}$	81°6
SNB	$80^{\circ} \pm 0^{\circ}$	77°8
ANB	$2^{\circ} \pm 0^{\circ}$	3°8
AO-BO	x	5.6 mm
VI	$135^{\circ} \pm 0^{\circ}$	130°9
Occl./S.Na	$14^{\circ} \pm 0^{\circ}$	9°2
Total chin	x	13.8 mm
Upper lip	x	10.9 mm
Angle Z	$78^{\circ} \pm 0^{\circ}$	70°4

**Figure 29 : Analyse céphalométrique de Tweed de réévaluation.**

Etape 2 : mars 2017 (+12 mois)



**Figure 30 : Photographies endobuccales de la réévaluation**

TIM3/ MNP, nivellement canin en cours, fermeture des diastèmes incisifs. Réouverture des espaces 2<sup>des</sup> prémolaires, distalisation des secteurs latéraux supérieurs. Ouverture des espaces des 13 et 23. Le surplomb incisif est positif. Malgré une hygiène défailante, il n'y a pas de complication muqueuse à l'émergence des plaques.

Etape 3 : intercuspidation : février 2018 (+23 mois)

13 et 23 sont sur l'arcade ; les rapports s'établissent en classe I d'Angle molaire et canine. Les milieux inter-incisifs sont alignés. Les espaces sont fermés aux deux arcades. La 37 reste en attente d'évolution en bouche.



Figure 31 : Photographies endobuccales : intercuspidation.



**Figure 32 : Photographies exo-buccales AVANT (gauche) / APRES (droite).**

Les relations faciales sont harmonisées de face et de profil. La concavité et la projection mentonnière ont disparu.

### 3.7. Discussion

L'intérêt de l'utilisation des miniplaques dans ce cas clinique est clair. Il a permis une action squelettique franche malgré un début de traitement à l'âge de 12 ans. Nous sommes passés d'un ANB de  $-1,8^\circ$  à un ANB de  $3,8^\circ$  soit  $+5,6^\circ$  ; AoBo : +9 mm.

Il n'y a pas eu d'incidence sur le sens vertical au niveau du FMA. On constate une rotation antihoraire du plan d'occlusion.

De plus, cela permet un temps de traitement raccourci sans temps d'arrêt entre la phase 1 et la phase 2. Le traitement multibague a été entrepris en parallèle au traitement orthopédique.

La légère palatoversion des incisives maxillaires a ici justifié l'utilisation de ressorts pour la mise en place de 13 et 23, allant dans le sens du saut de l'articulé croisé antérieur. La correction de la DDM maxillaire a été également menée grâce à la double utilisation des miniplaques : recul molaire maxillaire en plus des tractions intermaxillaires de classe III.

L'utilisation d'une technique traditionnelle semblerait ici trop tardive avec un effet majoritairement alvéolaire de camouflage.

Il y aurait également une incidence néfaste sur la position de notre incisive mandibulaire (IMPA  $89^\circ$ ) si utilisation d'un masque facial quand bien même ici nous avons pu surcorriger cette position malgré la correction de la DDM sans extraction.

On constate également une amélioration significative des tissus mous. Le profil cutané est rééquilibré. Par ailleurs il ne semble pas avoir eu d'incidence négative sur le volume de la filière aérique qui semble même augmenté bien qu'il ne s'agisse d'examen 2D.

## Discussion

L'utilisation des miniplaques d'ancrage est devenue de plus en plus populaire auprès des orthodontistes. En effet l'utilisation de cette technique augmente. Cependant, on constate que la plupart des publications ne sont le fait que de cas cliniques ou séries de cas illustrant de nouvelles façons de traiter ou quelques réajustements.

Il n'y a pas eu de consensus concernant les indications, les techniques, le protocole, l'âge de traitement, le temps de traitement, les forces utilisées ou le résultat obtenu.

Quant à la stabilité, il nous est difficile de conclure étant donné le manque d'étude à ce sujet mais nous sommes amenés à penser qu'une réponse squelettique pure et supérieure permet une meilleure stabilité sur le long terme. Des études à haut niveau de preuve sont cependant nécessaires. Aussi, la nécessité d'une excellente coopération de la part du patient, est-elle un facteur à prendre en compte.

Impact sur notre pratique :

La protraction maxillaire sur miniplaques serait fortement indiquée chez les patients de type hyperdivergent, en effet les méta-analyses (122) montrent une égression molaire significativement plus élevée dans le traitement classique participant ainsi à la rotation horaire du plan mandibulaire.

Eu égard à la méconnaissance des praticiens, cette technique développée il y a peu d'années, nécessite une meilleure reproductibilité (103).

Une meilleure tolérance passerait par le matériel utilisé et l'expérience de l'opérateur (29). Le recours à l'anesthésie générale ne doit pas être systématique pour les enfants coopérants permettant ainsi une meilleure acceptation (123).

Bien que l'ancrage squelettique implique une chirurgie invasive nécessitant deux interventions pour la pose et ensuite pour le retrait des miniplaques (31), peu d'études rapportent la qualité de vie des patients traités par cette technique.

Nous constatons dans notre revue de la littérature, un manque d'étude clinique randomisées contrôlées et une grande hétérogénéité des études incluses notamment par la multiplicité des protocoles qui masquerait l'efficacité réelle de la protraction maxillaire à ancrage squelettique.

Les méta-analyses, puisqu'ayant un haut niveau de preuve, permettent d'éclaircir ces pistes, cependant l'actuelle hétérogénéité des études complique leur réalisation.

La meilleure efficacité de l'ancrage squelettique dans les classes III modérées à sévères (+5 mm d'avancée maxillaire (105) ) reste à démontrer dans des études à haut niveau de preuve, excluant les biais de sélection mais aussi de publication. En effet les très bons résultats obtenus résident pour l'instant dans les rapports de cas. Des études cliniques randomisées à grande échelle chez des patients classe III modérée à sévère sont donc nécessaires.

L'ancrage squelettique, eu égard à la nature invasive de la pose des miniplaques, le risque de morbidité et le coût financier serait à réserver aux classes III modérées à sévères ou lorsque la technique DAMP n'est pas indiquée et que le praticien souhaite éviter ou simplifier une chirurgie à l'âge adulte.

Quid de l'expansion palatine pour la technique à ancrage squelettique :

La méta-analyse de Kim et al. (12) a montré que l'expansion palatine améliorait l'efficacité de la protraction maxillaire traditionnelle en permettant une diminution de la vestibuloversion des incisives maxillaires bien que la différence entre les deux groupes fut négligeable. Des changements similaires ont été relevés pour l'ANB et l'indice de Wits. Ces résultats n'indiquent donc pas clairement que l'expansion palatine améliorait la thérapeutique masque facial. Dans une étude clinique randomisée, Vaughn et al. (38) ont démontré que l'expansion n'améliorait pas la thérapeutique traditionnelle avec le masque facial. De plus, étant donné que l'ancrage squelettique permet une application directe de la force au niveau des sutures, un affaiblissement de celles-ci ne semble pas nécessaire via l'expansion. Cependant, l'hypodéveloppement maxillaire est un facteur étiologique principal dans les classes III (128). Ainsi, en plus de la dimension antéro-postérieure et verticale, le sens transversal doit être souvent considéré, en premier lieu et l'association expansion palatine/SAMP demeure nécessaire dans de nombreux cas.

Est-il toujours nécessaire d'utiliser le masque avec les miniplaques ? En effet dans la plupart des études retenues, les auteurs identifient plus d'avantages que d'inconvénients avec la technique intra-orale sans doute parce que les miniplaques sont plus confortables que le port du masque facial avec la possibilité du port d'élastiques 24h/24.

La décision d'utiliser la technique intra-orale ou extra-orale doit également reposer sur la prise en compte de l'état de l'articulation temporo-mandibulaire. Les élastiques de classe III peuvent causer une compression rétro-méniscale via le condyle et créer une DTM transitoire voire permanente (129,130), bien que cela n'a pas été démontré de façon concluante (131,132). Dans le rapport de cas de Heymann et al. (100) , ils observent une résorption remodelante du condyle sur près de la moitié de leurs cas. Partant de cet état de fait, la technique intra-orale devrait être évitée chez les patients à risque potentiel d'atteinte dégénérative du condyle.

De plus, les plaques transgingivales ont un taux d'échec allant de 1% à 7% (81,133,134) principalement à la mandibule. La mobilité de la mandibule pourrait provoquer une irritation de la gencive autour de l'émergence transcutanée de la miniplaque (134). Les complications les plus fréquentes étant une infection chronique et la mobilité des plaques. Les études cliniques ne reportent pas de cas d'infections, cela peut être dû à la taille des échantillons qui reste faible dans ces études.

Cependant il y a un manque de preuve et des études complémentaires sont nécessaires.

Le choix reposerait donc sur la préférence du praticien et sur le type de patient.

D'autres pistes ont émergé eu égard à la technique utilisée : Kaya et al. (99) montrent les effets de la protraction maxillaire sur miniplaques combinée à la technique Alt-RAMEC (Expansion Maxillaire Rapide alternée) dans une étude à haut niveau de preuve. Pour faire face au côté invasif de la pose des miniplaques, la solution reposait-elle alors sur la protraction maxillaire sur disjoncteur à ancrage osseux avec mini-implants ? En effet, on retrouve des résultats similaires à ceux trouvés par De Clerck et al. dans leur étude de 2010. (89)

Aussi, pour assurer la stabilité du traitement orthopédique, quel que soit le traitement faut-il (90) :

- Maximiser les effets squelettiques avec hypercorrection squelettique.
- Orienter le plan d'occlusion de façon à obtenir une mastication et un guidage antérieur fonctionnel. Des élastiques de traction orientés 20 à 30° par rapport au plan palatin permettent cette rotation.
- Rétablir une matrice oro-faciale fonctionnelle (ventilation, déglutition, mastication).

Une étude clinique prospective avec l'inclusion de sous-groupes aurait pour intérêt de faire la différence entre l'ancrage squelettique avec masque de Delaire et celui avec élastiques intermaxillaires.

Les résultats confirment que l'ancrage squelettique est efficace dans la correction orthopédique des classes III puisque les variables analysées ont montré un changement significatif. Cependant, en comparant avec d'autres techniques plus traditionnelles telles que disjonction / masque de Delaire, il semble difficile d'établir une preuve scientifique établie puisque le nombre d'étude incluses dans les méta-analyses est faible.

Néanmoins, les revues systématiques ont démontré que la protraction maxillaire par ancrage squelettique permettait une plus grande avancée maxillaire et une réduction des effets parasites tels que la rotation mandibulaire, l'extrusion des molaires mandibulaires et la version vestibulaire des incisives maxillaires. La revue de littérature de Sahin et al (123) conclut également que les effets squelettiques sont atteints plus rapidement avec l'ancrage squelettique.

## Conclusion

Le traitement orthopédique des classes III possède désormais un arsenal thérapeutique permettant de contrer les effets du temps limitant l'efficacité des dispositifs traditionnels. L'utilisation des miniplaques permet alors de limiter voire d'éviter un traitement ortho-chirurgical, par augmentation de la réponse squelettique. Cependant en comparant avec les traitements traditionnels tels que la disjonction et le masque de Delaire, il est difficile d'obtenir des résultats evidence-based concernant l'amélioration significative de l'avancée maxillaire pour l'ancrage squelettique. En effet, du fait de la multiplicité des protocoles, de biais de sélection, de la question éthique, l'inclusion de groupes comparables est difficile et cela minimise le réel potentiel orthopédique.

Néanmoins, par rapport à l'ancrage dentaire, le clinicien est assuré d'avoir au moins 1 mm de correction squelettique supplémentaire et ce, sans effets parasites tels que la rotation horaire du plan mandibulaire, l'égression des molaires maxillaires et la vestibuloversion des incisives maxillaires, avec l'emploi d'une force douce et continue. Nous pouvons conclure que la protraction maxillaire par ancrage squelettique tel que les miniplaques est efficace dans le traitement des classes III. Cette technique, à principale composante orthopédique, est surtout indiquée chez les patients à typologie hyperdivergente.

Malgré leurs défauts, les méta-analyses répertoriées dans ce travail démontrent que l'ancrage squelettique permet une réponse squelettique maxillaire plus efficiente en supprimant les effets parasites non acceptables.

De plus grands effets squelettiques que ceux mis en évidence dans les méta-analyses, pourraient être atteints de façon prédictible. Des études cliniques prospectives à haut niveau de preuve, sélectionnant des patients présentant un hypodéveloppement sévère avec un protocole bien défini sont nécessaires afin d'évaluer le réel potentiel de l'ancrage squelettique. Cela pose néanmoins un problème éthique.

De plus, face à la méconnaissance des praticiens, la réticence des patients face à l'acte chirurgical et la perfectibilité de la technique, l'utilisation de ces protocoles demeure encore limitée. Une évaluation du bénéfice psycho-social est nécessaire pour appuyer l'indication de ce type de traitement. Quelques années semblent encore nécessaires pour l'intégration de cette technique dans l'arsenal thérapeutique des orthodontistes.

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : « Diagramme de forces d'un appareil de protraction maxillaire sur élastiques intraoraux», Vesse (25).....	p.22
Figure 2 : « Représentation schématique de la ligne d'application de la force passant par le centre de résistance du maxillaire» Vesse (25).....	p.24
Figure 3 : miniplaques : a : mandibulaires ; b : maxillaires (source : hugodeclerck.net) .....	p.29
Figure 4 : a : miniplaque pédiatrique de Bollard, supérieure gauche avec crochet ; b : miniplaque de Bollard avec crochet, inférieure gauche. (source : tita-link.com) (78).....	p.30
Figure 5 : a : incision en « L » à convexité antérieure ; b : lambeau muco-périosté à base postérieure (source : hugodeclerck.net) .....	p.33
Figure 6 : placement de la miniplaque contre l'os cortical (source : hugodeclerck.net) .....	p.34
Figure 7 : fixation de la miniplaque à l'os cortical (a, b) et suture du lambeau (c) (source : hugodeclerck.net) .....	p.34
Figure 8 : a : incision en « L inversé » ; b : décollement du lambeau ; c : 1 <sup>er</sup> forage au niveau de la partie supérieure de la plaque. (Source : hugodeclerck.net) .....	p.35
Figure 9 : fixation de la 2 <sup>nd</sup> e vis (a) et suture du lambeau (b) (Source : hugodeclerck.net) .....	p.36
Figure 10 : vues endobuccales du protocole BAMP de De Clerck (source : hugodeclerck.net) .....	p.39
Figure 11 : a : miniplaques associées à un masque facial (3) vs b : tractions intermaxillaires (83) p.41	
Figure 12 : Direction de la force d'application des élastiques (3) .....	p.43
Tableau 13 : synthèse études préliminaires évaluant l'efficacité des miniplaques d'ancrage pp.45-46	
Figure 14 : Le Y-type C-tube modifié avec des bras d'extension et 4 orifices pour les vis (A, C). Il peut être personnalisé pour ne plus qu'avoir 2 orifices (B, D). (107) .....	p.57
Figure 15 : Combinaison d'un disjoncteur maxillaire à ancrage osseux (a) avec une miniplaque mandibulaire (b) (108) .....	p.59
Figure 16 : Fiche d'évaluation AMSTAR .....	p.65
Figure 17 : Qualité des études selon l'HAS 2000 (Source : <a href="https://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/analiterat.pdf">https://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/analiterat.pdf</a> ) .....	p.66
Tableau 18 : stratégie de recherche bibliographique .....	p.70
Figure 19 : diagramme de flux du processus de sélection des études .....	p.72
Tableau 20 : Qualité méthodologique selon l'outil AMSTAR (tableau récapitulatif) .....	p.77
Figure 21 : photographies exobuccales avant traitement.....	p.87
Figure 22 : photographies endobuccales avant traitement.....	p.87
Figure 23 : orthopantomogramme et téléradiographie de profil avant traitement.....	p.88

<i>Figure 24 : analyse céphalométrique de Tweed initiale.....</i>	<i>p.89</i>
<i>Figure 25 : photographies endobuccales : TIM3 bilatéraux de MNP à 4 .....</i>	<i>p.90</i>
<i>Figure 26 : détails photographiques de la phase 1.....</i>	<i>p.91</i>
<i>Figure 27 : radiographie panoramique (réévaluation).....</i>	<i>p.92</i>
<i>Figure 28 : téléradiographie de profil (réévaluation).....</i>	<i>p.93</i>
<i>Figure 29 : analyse céphalométrique de Tweed de réévaluation.....</i>	<i>p.94</i>
<i>Figure 30 : photographies endobuccales de réévaluation.....</i>	<i>p.94</i>
<i>Figure 31 : photographies endobuccales : intercuspidation.....</i>	<i>p.95</i>
<i>Figure 32 : photographies exobuccales AVANT/APRES.....</i>	<i>p.96</i>

**BIBLIOGRAPHIE**

1. Woon SC, Thiruvengkatachari B. Early orthodontic treatment for Class III malocclusion: A systematic review and meta-analysis. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 2017 Jan;151(1):28–52.
2. Melsen B. Accroissement des possibilités thérapeutiques orthodontiques à l'aide de l'ancrage Aarhus. *J Parodontol Implantol Orale*. 2000;19(Hors série):33–347.
3. Kircelli BH, Pektas ZO. Midfacial protraction with skeletally anchored face mask therapy: a novel approach and preliminary results. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 2008 Mar;133(3):440–9.
4. De Clerck HJ, Cornelis MA, Cevidanes LH, Heymann GC, Tulloch CJF. Orthopedic traction of the maxilla with miniplates: a new perspective for treatment of midface deficiency. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg*. 2009 Oct;67(10):2123–9.
5. Hardy DK, Cubas YP, Orellana MF. Prevalence of angle class III malocclusion: A systematic review and meta-analysis. *Open J Epidemiol*. 2012 Nov 27;2(4):75.
6. Demellweek C, Humphris GM, Hare M, Brown J. Children's perception of, and attitude towards, unfamiliar peers with facial port-wine stains. *J Pediatr Psychol*. 1997 Aug;22(4):471–85.
7. Shaw WC, Meek SC, Jones DS. Nicknames, teasing, harassment and the salience of dental features among school children. *Br J Orthod*. 1980 Apr;7(2):75–80.
8. Baik HS. Clinical results of the maxillary protraction in Korean children. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 1995 Dec;108(6):583–92.
9. Baccetti T, McGill JS, Franchi L, McNamara JA, Tollaro I. Skeletal effects of early treatment of Class III malocclusion with maxillary expansion and face-mask therapy. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 1998 Mar;113(3):333–43.
10. Turley PK. Managing the developing Class III malocclusion with palatal expansion and facemask therapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2002 Oct 1;122(4):349–52.
11. Cha KS. Skeletal changes of maxillary protraction in patients exhibiting skeletal class III

malocclusion: a comparison of three skeletal maturation groups. *Angle Orthod.* 2003 Feb;73(1):26–35.

12. Kim JH, Viana MA, Graber TM, Omerza FF, BeGole EA. The effectiveness of protraction face mask therapy: a meta-analysis. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* 1999 Jun;115(6):675–85.

13. Izard G. *Orthodontie.* Masson. Paris; 1930. (Masson).

14. Jacobson A, Evans WG, Preston CB, Sadowsky PL. Mandibular prognathism. *Am J Orthod.* 1974 Aug 1;66(2):140–71.

15. Sanborn RT. Differences between the facial skeletal patterns of Class III malocclusion and normal occlusion. *Angle Orthod.* 1955;25(4):208–22.

16. Dietrich UC. Morphological variability of skeletal Class 3 relationships as revealed by cephalometric analysis. *Rep Congr Eur Orthod Soc.* 1970;131–43.

17. Ellis E, McNamara JA. Components of adult Class III malocclusion. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 1984 May;42(5):295–305.

18. Delaire J. Maxillary development revisited: relevance to the orthopaedic treatment of Class III malocclusions. *Eur J Orthod.* 1997 Jun;19(3):289–311.

19. Barrett AAF, Baccetti T, McNamara JA. Treatment effects of the light-force chin cup. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010 Oct 1;138(4):468–76.

20. Yang X, Li C, Bai D, Su N, Chen T, Xu Y, et al. Treatment effectiveness of Fränkel function regulator on the Class III malocclusion: A systematic review and meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2014 Aug 1;146(2):143–54.

21. Proffit WR, H. W. Fields Jr. *Contemporary Orthodontics.* St. Louis: Mosby-Year Book. 1993. 7-12 p.

22. Delaire J. Considérations sur la croissance faciale (en particulier du maxillaire supérieur). Déductions thérapeutiques. *Rev Stomatol Chir Maxillofac.* 1971;

23. Salagnac JM, Delaire J. [Prediction of growth and dento-facial orthopedics. Importance and accuracy of superposition]. *Rev Stomatol Chir Maxillofac.* 2002 Sep;103(4):221–32.

24. Toffol LD, Pavoni C, Baccetti T, Franchi L, Cozza P. Orthopedic treatment outcomes in Class III malocclusion. A systematic review. *Angle Orthod.* 2008 May;78(3):561–73.

25. Vesse M. Classes III squelettiques. *Encycl Méd Chirurgicale Elsevier Paris.* 1999;23–472.

26. Björk A. Some Biological Aspects of Prognathism and Occlusion of the Teeth. *Acta Odontol Scand.* 1950 Jan 1;9(1):1–40.

27. Lebourg L, Seydel S. Nature, évolution et rôle des articulations de la face; leur importance physio-pathologique. *Rev Stomatol Chir Maxillofac*. 1932;34:193–210.
28. Chateau M. [Significance and proper use of dentofacial orthopedics]. *Rev Prat*. 1954 Sep 21;4(24):2231–3.
29. De Clerck EEB, Swennen GRJ. Success rate of miniplate anchorage for bone anchored maxillary protraction. *Angle Orthod*. 2011 Nov;81(6):1010–3.
30. Sar C, Sahinoğlu Z, Özçirpici AA, Uçkan S. Dentofacial effects of skeletal anchored treatment modalities for the correction of maxillary retrognathia. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 2014 Jan;145(1):41–54.
31. Hino CT, Cevidanes LHS, Nguyen TT, De Clerck HJ, Franchi L, McNamara JA. Three-dimensional analysis of maxillary changes associated with facemask and rapid maxillary expansion compared with bone anchored maxillary protraction. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 2013 Nov;144(5):705–14.
32. Cha B-K, Ngan PW. Skeletal Anchorage for Orthopedic Correction of Growing Class III Patients. *Semin Orthod*. 2011 Jun 1;17(2):124–37.
33. McNamara JA. An orthopedic approach to the treatment of Class III malocclusion in young patients. *J Clin Orthod JCO*. 1987 Sep;21(9):598–608.
34. Yüksel S, Uçem TT, Keykubat A. Early and late facemask therapy. *Eur J Orthod*. 2001 Oct;23(5):559–68.
35. Dellinger EL. A preliminary study of anterior maxillary displacement. *Am J Orthod*. 1973 May;63(5):509–16.
36. Nanda R. Protraction of maxilla in rhesus monkeys by controlled extraoral forces. *Am J Orthod*. 1978 Aug;74(2):121–41.
37. Proffit WR, Jr HWF, Sarver DM. *Contemporary Orthodontics*. Elsevier Health Sciences; 2006. 2069 p.
38. Vaughn GA, Mason B, Moon H-B, Turley PK. The effects of maxillary protraction therapy with or without rapid palatal expansion: a prospective, randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 2005 Sep;128(3):299–309.
39. Haas AJ. Long-term posttreatment evaluation of rapid palatal expansion. *Angle Orthod*. 1980 Jul;50(3):189–217.

40. Liou EJ-W. Effective maxillary orthopedic protraction for growing Class III patients: a clinical application simulates distraction osteogenesis. *Prog Orthod*. 2005;6(2):154–71.
41. Liou EJ-W. Toothborne orthopedic maxillary protraction in Class III patients. *J Clin Orthod JCO*. 2005 Feb;39(2):68–75.
42. Liou EJ-W, Tsai W-C. A new protocol for maxillary protraction in cleft patients: repetitive weekly protocol of alternate rapid maxillary expansions and constrictions. *Cleft Palate-Craniofacial J Off Publ Am Cleft Palate-Craniofacial Assoc*. 2005 Mar;42(2):121–7.
43. Wang Y-C, Chang PMS, Liou EJ-W. Opening of Circumaxillary Sutures by Alternate Rapid Maxillary Expansions and Constrictions. *Angle Orthod*. 2009 Mar 1;79(2):230–4.
44. Salagnac JM. Les effets des tractions sur masque orthopédique de J. Delaire sur le squelette facial: résultats, nouvelles orientations thérapeutiques. *Orthod Fr*. 1988;59:591–601.
45. Mandall N, DiBiase A, Littlewood S, Nute S, Stivaros N, McDowall R, et al. Is early Class III protraction facemask treatment effective? A multicentre, randomized, controlled trial: 15-month follow-up. *J Orthod*. 2010 Sep;37(3):149–61.
46. Masucci C, Franchi L, Defraia E, Mucedero M, Cozza P, Baccetti T. Stability of rapid maxillary expansion and facemask therapy: a long-term controlled study. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 2011 Oct;140(4):493–500.
47. Major PW, elBadrawy HE. Maxillary protraction for early orthopedic correction of skeletal Class III malocclusion. *Pediatr Dent*. 1993 Jun;15(3):203–7.
48. Lertpitayakun P, Miyujima K, Kanomi R, Sinha PK. Cephalometric changes after long-term early treatment with face mask and maxillary intraoral appliance therapy. *Semin Orthod*. 2001 Sep 1;7(3):169–79.
49. Kokich VG, Shapiro PA, Oswald R, Koskinen-Moffett L, Clarren SK. Ankylosed teeth as abutments for maxillary protraction: a case report. *Am J Orthod*. 1985 Oct;88(4):303–7.
50. Kapust AJ, Sinclair PM, Turley PK. Cephalometric effects of face mask/expansion therapy in Class III children: a comparison of three age groups. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 1998 Feb;113(2):204–12.
51. Nanda R. Biomechanical and clinical considerations of a modified protraction headgear. *Am J Orthod*. 1980 Aug;78(2):125–39.

52. Nanda R, Hickory W. Zygomaticomaxillary suture adaptations incident to anteriorly-directed forces in rhesus monkeys. *Angle Orthod*. 1984 Jul;54(3):199–210.
53. Tanne K, Hiraga J, Kakiuchi K, Yamagata Y, Sakuda M. Biomechanical effect of anteriorly directed extraoral forces on the craniofacial complex: a study using the finite element method. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 1989 Mar;95(3):200–7.
54. Tanne K, Sakuda M. Biomechanical and clinical changes of the craniofacial complex from orthopedic maxillary protraction. *Angle Orthod*. 1991;61(2):145–52.
55. McNamara JA, Brudon WL. *Orthodontic and Orthopedic Treatment in the Mixed Dentition*. Needham Press. 1993. 285-293 p.
56. Lee D-Y, Kim E-S, Lim Y-K, Ahn S-J. Skeletal changes of maxillary protraction without rapid maxillary expansion. *Angle Orthod*. 2010 Jul;80(4):504–10.
57. Wells AP, Sarver DM, Proffit WR. Long-term efficacy of reverse pull headgear therapy. *Angle Orthod*. 2006 Nov;76(6):915–22.
58. Ngan PW, Hagg U, Yiu C, Wei SH. Treatment response and long-term dentofacial adaptations to maxillary expansion and protraction. *Semin Orthod*. 1997 Dec;3(4):255–64.
59. Cevidanes L, Baccetti T, Franchi L, McNamara JA, De Clerck H. Comparison of two protocols for maxillary protraction: bone anchors versus face mask with rapid maxillary expansion. *Angle Orthod*. 2010 Sep;80(5):799–806.
60. Sar C, Arman-Özçırpıcı A, Uçkan S, Yazıcı AC. Comparative evaluation of maxillary protraction with or without skeletal anchorage. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 2011 May;139(5):636–49.
61. Spolyar JL. The design, fabrication, and use of a full-coverage bonded rapid maxillary expansion appliance. *Am J Orthod*. 1984 Aug;86(2):136–45.
62. Ahn H-W, Kim K-W, Yang I-H, Choi J-Y, Baek S-H. Comparison of the effects of maxillary protraction using facemask and miniplate anchorage between unilateral and bilateral cleft lip and palate patients. *Angle Orthod*. 2012 Sep;82(5):935–41.
63. Keles A, Tokmak EC, Erverdi N, Nanda R. Effect of varying the force direction on maxillary orthopedic protraction. *Angle Orthod*. 2002 Oct;72(5):387–96.
64. Kajiyama K, Murakami T, Suzuki A. Comparison of orthodontic and orthopedic effects of a modified maxillary protractor between deciduous and early mixed dentitions. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 2004

Jul;126(1):23–32.

65. Saadia M, Torres E. Sagittal changes after maxillary protraction with expansion in class III patients in the primary, mixed, and late mixed dentitions: a longitudinal retrospective study. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 2000 Jun;117(6):669–80.

66. Baccetti T, Franchi L, McNamara JA. Treatment and posttreatment craniofacial changes after rapid maxillary expansion and facemask therapy. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 2000 Oct;118(4):404–13.

67. Michelet FX, Deymes J, Dessus B. Osteosynthesis with miniaturized screwed plates in maxillo-facial surgery. *J Maxillofac Surg*. 1973 Jun;1(2):79–84.

68. Champy M, Loddé JP, Schmitt R, Jaeger JH, Muster D. Mandibular osteosynthesis by miniature screwed plates via a buccal approach. *J Maxillofac Surg*. 1978 Feb;6(1):14–21.

69. Jenner JD, Fitzpatrick BN. Skeletal anchorage utilising bone plates. *Aust Orthod J*. 1985 Oct;9(2):231.

70. Sugawara J, Umemori M, Mitani H, Nagasaka H, Kawamura H. Orthodontic treatment system for Class III malocclusion using titanium miniplate as an anchorage. *Jpn J Orthod Soc*. 1998;57:25–35.

71. Umemori M, Sugawara J, Mitani H, Nagasaka H, Kawamura H. Skeletal anchorage system for open-bite correction. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 1999 Feb;115(2):166–74.

72. De Clerck H, Geerinckx V, Siciliano S. The Zygoma Anchorage System. *J Clin Orthod JCO*. 2002 Aug;36(8):455–9.

73. Chung K-R, Kim Y-S, Linton JL, Lee Y-J. The miniplate with tube for skeletal anchorage. *J Clin Orthod JCO*. 2002 Jul;36(7):407–12.

74. De Clerck H, Nguyen T, de Paula LK, Cevidanes L. Three-dimensional assessment of mandibular and glenoid fossa changes after bone-anchored Class III intermaxillary traction. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 2012 Jul;142(1):25–31.

75. Enacar A, Giray B, Pehlivanoglu M, Iplikcioglu H. Facemask therapy with rigid anchorage in a patient with maxillary hypoplasia and severe oligodontia. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 2003

May;123(5):571–7.

76. Cornelis MA, Scheffler NR, De Clerck HJ, Tulloch JFC, Behets CN. Systematic review of the experimental use of temporary skeletal anchorage devices in orthodontics. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 2007 Apr;131(4 Suppl):S52-58.

77. Sugawara J. Temporary skeletal anchorage devices: the case for miniplates. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 2014 May;145(5):559–65.

78. Our products: Bollards, Bollard with hook, Osteosynthesis screws, Auxilliaris [Internet]. [cited 2018 Jan 28]. Available from: <http://www.tita-link.com/products/>

79. El-Beialy AR, Abou-El-Ezz AM, Attia KH, El-Bialy AM, Mostafa YA. Loss of anchorage of miniscrews: a 3-dimensional assessment. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 2009 Nov;136(5):700–7.

80. Liu H, Lv T, Wang N-N, Zhao F, Wang K-T, Liu D-X. Drift characteristics of miniscrews and molars for anchorage under orthodontic force: 3-dimensional computed tomography registration evaluation. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 2011 Jan;139(1):e83-89.

81. Chen Y-J, Chang H-H, Huang C-Y, Hung H-C, Lai EH-H, Yao C-CJ. A retrospective analysis of the failure rate of three different orthodontic skeletal anchorage systems. *Clin Oral Implants Res*. 2007 Dec;18(6):768–75.

82. Tsui WK, Chua HDP, Cheung LK. Bone anchor systems for orthodontic application: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2012 Nov;41(11):1427–38.

83. Janssen KI, Raghoobar GM, Vissink A, Sandham A. Skeletal anchorage in orthodontics-- a review of various systems in animal and human studies. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2008 Feb;23(1):75–88.

84. Cornelis MA, Scheffler NR, Nyssen-Behets C, De Clerck HJ, Tulloch JFC. Patients' and orthodontists' perceptions of miniplates used for temporary skeletal anchorage: A prospective study. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 2008 Jan;133(1):18–24.

85. Hoste S, Vercruyssen M, Quirynen M, Willems G. Risk factors and indications of orthodontic temporary anchorage devices: a literature review. *Aust Orthod J*. 2008 Nov;24(2):140–8.

86. Wilmes B, Nienkemper M, Ludwig B, Kau CH, Drescher D. Early Class III treatment with a hybrid hyrax-mentoplate combination. *J Clin Orthod JCO*. 2011 Jan;45(1):15–21; quiz 39.
87. Cavaré A. Apport des corticotomies alvéolaires dans la distalisation molaire avec miniplaques d’ancrage : revue de la littérature et cas cliniques. Université de Bordeaux; 2014.
88. Präger TM, Brochhagen HG, Mischkowski R, Jost-Brinkmann P-G, Müller-Hartwich R. Assessing bone volume for orthodontic miniplate fixation below the maxillary frontal process. *J Orofac Orthop Fortschritte Kieferorthopadie OrganOfficial J Dtsch Ges Kieferorthopadie*. 2014 Sep;75(5):399–408.
89. De Clerck H, Cevidanes L, Baccetti T. Dentofacial effects of bone-anchored maxillary protraction: a controlled study of consecutively treated Class III patients. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 2010 Nov;138(5):577–81.
90. Olimpo M. Traitement orthopédique des dysmorphoses de classe III : où en est-on en 2015 ? Faculté de Chirurgie Dentaire de Nice; 2015.
91. Singer SL, Henry PJ, Rosenberg I. Osseointegrated implants as an adjunct to facemask therapy: a case report. *Angle Orthod*. 2000 Jun;70(3):253–62.
92. Hong H, Ngan P, Han G, Li HG, Qi LG, Wei SHY. Use of onplants as stable anchorage for facemask treatment: a case report. *Angle Orthod*. 2005 May;75(3):453–60.
93. Lee N-K, Yang I-H, Baek S-H. The short-term treatment effects of face mask therapy in Class III patients based on the anchorage device: miniplates vs rapid maxillary expansion. *Angle Orthod*. 2012 Sep;82(5):846–52.
94. Kircelli BH, Pektaş ZO, Uçkan S. Orthopedic protraction with skeletal anchorage in a patient with maxillary hypoplasia and hypodontia. *Angle Orthod*. 2006 Jan;76(1):156–63.
95. Zhou Y, Ding P, Lin Y, Qiu L. Facemask therapy with miniplate implant anchorage in a patient with maxillary hypoplasia. *Chin Med J (Engl)*. 2007 Aug 5;120(15):1372–5.
96. Cha B-K, Choi D-S, Jang I, Jost-Brinkmann P-G, Ngan P. Maxillary protraction using miniplates as skeletal anchorage. *Hong Kong Dent J*. 2010;7:87–93.
97. Baek S-H, Kim K-W, Choi J-Y. New treatment modality for maxillary hypoplasia in cleft patients. Protraction facemask with miniplate anchorage. *Angle Orthod*. 2010 Jul;80(4):783–91.
98. Baek S-H, Yang I-H, Kim K-W, Ahn H-W. Treatment of Class III Malocclusions Using

- Miniplate and Mini-Implant Anchorage. *Semin Orthod*. 2011 Jun 1;17(2):98–107.
99. Kaya D, Kocadereli I, Kan B, Tasar F. Effects of facemask treatment anchored with miniplates after alternate rapid maxillary expansions and constrictions; a pilot study. *Angle Orthod*. 2011 Jul;81(4):639–46.
100. Heymann GC, Cevidanes L, Cornelis M, De Clerck HJ, Tulloch JFC. Three-dimensional analysis of maxillary protraction with intermaxillary elastics to miniplates. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 2010 Feb;137(2):274–84.
101. Cha B-K, Choi D-S, Ngan P, Jost-Brinkmann P-G, Kim S-M, Jang I-S. Maxillary protraction with miniplates providing skeletal anchorage in a growing Class III patient. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 2011 Jan;139(1):99–112.
102. Baccetti T, De Clerck HJ, Cevidanes LH, Franchi L. Morphometric analysis of treatment effects of bone-anchored maxillary protraction in growing Class III patients. *Eur J Orthod*. 2011 Apr;33(2):121–5.
103. Nguyen T, Cevidanes L, Cornelis MA, Heymann G, de Paula LK, De Clerck H. Three-dimensional assessment of maxillary changes associated with bone anchored maxillary protraction. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 2011 Dec;140(6):790–8.
104. Cha BK, Lee NK, Choi DS. Maxillary protraction treatment of skeletal Class III children using miniplate anchorage. *Korean J Orthod*. 2007 Feb 1;37(1):73–84.
105. Major MP, Wong JK, Saltaji H, Major PW, Flores-Mir C. Skeletal anchored maxillary protraction for midface deficiency in children and early adolescents with Class III malocclusion: A systematic review and meta-analysis. *J World Fed Orthod*. 2012 Jun;1(2):e47–54.
106. Koh S-D, Chung DH. Comparison of skeletal anchored facemask and tooth-borne facemask according to vertical skeletal pattern and growth stage. *Angle Orthod*. 2014 Jul;84(4):628–33.
107. Kim KA, Seo KW, Kim S-H, Chung K-R, Nelson G. Modification protocol for an early class III treatment using 3 miniplates for bone-anchored maxillary orthopedic traction. *J Craniofac Surg*. 2014 Sep;25(5):e440-442.
108. Katyal V, Wilmes B, Nienkemper M, Darendeliler MA, Sampson W, Drescher D.

The efficacy of Hybrid Hyrax-Mentoplate combination in early Class III treatment: a novel approach and pilot study. *Aust Orthod J*. 2016 May;32(1):88–96.

109. Nienkemper M, Wilmes B, Pauls A, Drescher D. Maxillary protraction using a hybrid hyrax-facemask combination. *Prog Orthod*. 2013 May 20;14:5.

110. Pelo S, Boniello R, Gasparini G, Longobardi G. Maxillary corticotomy and extraoral orthopedic traction in mature teenage patients: a case report. *J Contemp Dent Pract*. 2007 Jul 1;8(5):76–84.

111. Yilmaz HN, Garip H, Satilmis T, Kucukkeles N. Corticotomy-assisted maxillary protraction with skeletal anchorage and Class III elastics. *Angle Orthod*. 2015 Jan;85(1):48–57.

112. Kaygisiz E, Tuncer BB, Yüksel S, Tuncer C, Yildiz C. Effects of maxillary protraction and fixed appliance therapy on the pharyngeal airway. *Angle Orthod*. 2009 Jul;79(4):660–7.

113. Baccetti T, Franchi L, Mucedero M, Cozza P. Treatment and post-treatment effects of facemask therapy on the sagittal pharyngeal dimensions in Class III subjects. *Eur J Orthod*. 2010 Jun;32(3):346–50.

114. Nguyen T, Cevidanes L, Paniagua B, Zhu H, Koerich L, De Clerck H. Use of shape correspondence analysis to quantify skeletal changes associated with bone-anchored Class III correction. *Angle Orthod*. 2014 Mar;84(2):329–36.

115. Liukkonen M, Vähätalo K, Peltomäki T, Tiekso J, Happonen R-P. Effect of mandibular setback surgery on the posterior airway size. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg*. 2002;17(1):41–6.

116. Nguyen T, De Clerck H, Wilson M, Golden B. Effect of Class III bone anchor treatment on airway. *Angle Orthod*. 2015 Jul;85(4):591–6.

117. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Int J Surg Lond Engl*. 2010;8(5):336–41.

118. Shea BJ, Grimshaw JM, Wells GA, Boers M, Andersson N, Hamel C, et al. Development of AMSTAR: a measurement tool to assess the methodological quality of systematic reviews. *BMC Med Res Methodol*. 2007 Feb 15;7:10.

119. Shea BJ, Hamel C, Wells GA, Bouter LM, Kristjansson E, Grimshaw J, et al. AMSTAR is a reliable and valid measurement tool to assess the methodological quality of

systematic reviews. *J Clin Epidemiol*. 2009 Oct;62(10):1013–20.

120. Rogante M, Kairy D, Giacomozzi C, Grigioni M. A quality assessment of systematic reviews on telerehabilitation: what does the evidence tell us? *Ann Ist Super Sanita*. 2015;51(1):11–8.

121. Vermeulen FMJ, De Clerck HJ, van Beek H, Becking AG. [Interceptive treatment of maxillary hypoplasia with the use of bone anchors. A review of the literature]. *Ned Tijdschr Tandheelkd*. 2014 Feb;121(2):91–6.

122. Feng X, Li J, Li Y, Zhao Z, Zhao S, Wang J. Effectiveness of TAD-anchored maxillary protraction in late mixed dentition. *Angle Orthod*. 2012 Nov;82(6):1107–14.

123. Sahin T, Delforge A, Garreau E, Raoul G, Ferri J. Orthopedic treatment of Class III malocclusions using skeletal anchorage: A bibliographical review. *Int Orthod*. 2016 Sep;14(3):263–72.

124. Rodríguez de Guzmán-Barrera J, Sáez Martínez C, Boronat-Catalá M, Montiel-Company JM, Paredes-Gallardo V, Gandía-Franco JL, et al. Effectiveness of interceptive treatment of class III malocclusions with skeletal anchorage: A systematic review and meta-analysis. *PloS One*. 2017;12(3):e0173875.

125. Ito Y, Kawamoto T, Moriyama K. The orthopaedic effects of bone-anchored maxillary protraction in a beagle model. *Eur J Orthod*. 2014 Dec;36(6):632–40.

126. Degala S, Bhanumathi M, Shivalinga BM. Orthopaedic protraction of the maxilla with miniplates: treatment of midface deficiency. *J Maxillofac Oral Surg*. 2015 Mar;14(1):111–8.

127. Lin H-C, Chang H-P, Chang H-F. Treatment effects of occipitomental anchorage appliance of maxillary protraction combined with chin cup traction in children with Class III malocclusion. *J Formos Med Assoc Taiwan Yi Zhi*. 2007 May;106(5):380–91.

128. Guyer EC, Ellis EE, McNamara JA, Behrents RG. Components of class III malocclusion in juveniles and adolescents. *Angle Orthod*. 1986 Jan;56(1):7–30.

129. Wyatt WE. Preventing adverse effects on the temporomandibular joint through orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 1987 Jun;91(6):493–9.

130. Thompson JR. Abnormal function of the temporomandibular joints and related musculature. Orthodontic implications. Part II. *Angle Orthod*. 1986 Jul;56(3):181–95.

131. Rey D, Oberti G, Baccetti T. Evaluation of temporomandibular disorders in Class

III patients treated with mandibular cervical headgear and fixed appliances. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 2008 Mar;133(3):379–81.

132. Carlton KL, Nanda RS. Prospective study of posttreatment changes in the temporomandibular joint. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 2002 Nov;122(5):486–90.

133. Chen C-H, Hsieh C-H, Tseng Y-C, Huang I-Y, Shen Y-S, Chen C-M. The use of miniplate osteosynthesis for skeletal anchorage. *Plast Reconstr Surg*. 2007 Jul;120(1):232-235-237.

134. Choi B-H, Zhu S-J, Kim Y-H. A clinical evaluation of titanium miniplates as anchors for orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 2005 Sep;128(3):382–4.

---

**APPORT DES MINIPLAQUES D'ANCRAGE DANS LE TRAITEMENT ORTHOPEDIQUE DES CLASSES III PAR HYPODEVELOPPEMENT MAXILLAIRE : ETATS DES LIEUX ET REVUE DE LA LITTERATURE.**

---

**RESUME EN FRANÇAIS :**

La prise en charge des classes III représente un véritable défi pour le praticien, le recours à la chirurgie étant souvent nécessaire en raison du caractère récidivant de la dysmorphie. Le traitement orthopédique traditionnel est souvent une perte de chance pour le patient car il s'accompagne d'effets indésirables squelettiques et dento-alvéolaires. Depuis la dernière décennie, l'avènement des miniplaques et de l'ancrage squelettique en général a considérablement amélioré l'arsenal thérapeutique du clinicien. Malgré leur caractère invasif pouvant freiner leur utilisation, ces dispositifs ont donné des résultats probants, obtenus et testés lors d'essais cliniques et des protocoles innovants ont été proposés. La correction du décalage s'effectue de manière efficiente, sans effets parasites et avec une réponse squelettique spécifique sur l'ensemble de l'étage moyen de la face. Dans cette thèse, une analyse systématique de revues de littérature et méta-analyses a été réalisée afin de dégager les résultats à haut niveau de preuve et les protocoles « evidence-based ». Des études cliniques prospectives poussées incluant des patients avec un décalage sévère demeurent nécessaires afin d'évaluer les limites potentielles de ce type de traitement, soulevant néanmoins un problème méthodologique d'ordre éthique. Par ailleurs, le bénéfice psycho-social obtenu mériterait d'être discuté.

---

**TITLE : CONTRIBUTION OF MINIPLATES IN ORTHOPEDIC CLASS III TREATMENT : UPDATE ON PRACTICES AND LITERATURE REVIEW.**

---

**DISCIPLINE ADMINISTRATIVE : Chirurgie dentaire**

---

**MOTS-CLES : Miniplaques, ancrage osseux, ancrage squelettique temporaire, système Bollard, masque de Delaire, orthopédie de classe III, hypoplasie maxillaire, traitement interceptif, revue de littérature.**

---

**INTITULE ET ADRESSE DE L'UFR OU DU LABORATOIRE :**

Université Toulouse III-Paul Sabatier

Faculté de chirurgie dentaire 3 chemin des Maraîchers 31062 Toulouse Cedex 9

---

Directeur de thèse : Pascal BARON