



<http://portaildoc.univ-lyon1.fr>

Creative commons : Paternité - Pas d'Utilisation Commerciale -
Pas de Modification 2.0 France (CC BY-NC-ND 2.0)



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/fr>

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD-LYON I
U.F.R. D'ODONTOLOGIE

Année 2015

THESE N° 2015 LYO 1D 055

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

Présentée et soutenue publiquement le : 10 septembre 2015

par

BERNARD-GRANGER Chloé

Née le 12 décembre 1987, à Annecy (74)

**TECHNIQUES DE DISTALISATION DES MOLAIRES MAXILLAIRES
PAR ANCORAGE OSSEUX MAXILLAIRE**

JURY

M le Professeur MALQUARTI Guillaume	Président
M le Docteur NOHARET Renaud	Assesseur
Mme le Docteur PERNIER Claire	Assesseur
Mme le Docteur BOUCHERIT Sabine	Assesseur

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD-LYON I
U.F.R. D'ODONTOLOGIE

Année 2015

THESE N° 2015 LYO 1D 055

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

Présentée et soutenue publiquement le : 10 septembre 2015

par

BERNARD-GRANGER Chloé

Née le 12 décembre 1987, à Annecy (74)

**TECHNIQUES DE DISTALISATION DES MOLAIRES MAXILLAIRES
PAR ANCORAGE OSSEUX MAXILLAIRE**

JURY

M le Professeur MALQUARTI Guillaume	Président
M le Docteur NOHARET Renaud	Assesseur
Mme le Docteur PERNIER Claire	Assesseur
Mme le Docteur BOUCHERIT Sabine	Assesseur

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON I

Président de l'Université	M. le Professeur F-N. GILLY
Vice-Président du Conseil d'Administration	M. le Professeur H. BEN HADID
Vice-Président du Conseil Scientifique et de la Commission de Recherche	M. le Professeur P-G. GILLET
Vice-Président du Conseil des Etudes et de la Vie Universitaire et de la Commission de la Formation et de la Vie Universitaire	M. le Professeur P. LALLE
Directeur Général des Services	M. A. HELLEU

SECTEUR SANTE

Comité de Coordination des Etudes Médicales	Président : M. le Professeur F-N. GILLY
Faculté de Médecine Lyon Est	Directeur : M. le Professeur J. ETIENNE
Faculté de Médecine et Maïeutique Lyon-Sud Charles Mérieux	Directeur : Mme la Professeure C. BURILLON
Faculté d'Odontologie	Directeur : M. le Professeur D. BOURGEOIS
Institut des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques	Directrice : Mme la Professeure C. VINCIGUERRA
Institut des Sciences et Techniques de la Réadaptation	Directeur : M. le Professeur Y. MATILLON
Département de Formation et Centre de Recherche en Biologie Humaine	Directrice : Mme la Professeure A.M. SCHOTT

SECTEUR SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Faculté des Sciences et Technologies	Directeur : M. F. DE MARCHI, Maître de Conférences
UFR des Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives	Directeur : M. Y. VANPOULLE, Professeur Agrégé
Institut Universitaire de Technologie Lyon 1	Directeur : M. le Professeur C. VITON
Ecole Polytechnique Universitaire de l'Université Lyon 1	Directeur : M. P. FOURNIER
Institut de Science Financière et d'Assurances	Directeur : M. N. LEBOISNE, Maître de Conférences
Ecole Supérieure du Professorat et de l'Education (ESPE)	Directeur : M. le Professeur A. MOUGNIOTTE
Observatoire de Lyon	Directeur : M. B. GUIDERDONI, Directeur de Recherche CNRS
Ecole Supérieure de Chimie Physique Electronique	Directeur : M. G. PIGNAULT

FACULTE D'ODONTOLOGIE DE LYON

Doyen : M. Denis BOURGEOIS, Professeur des Universités
Vice-Doyen : Mme Dominique SEUX, Professeure des Universités
Vice-Doyen : M. Stéphane VIENNOT, Maître de Conférences
Vice-Doyen Etudiant : Mlle DARNE Juliette

SOUS-SECTION 56-01: **PEDODONTIE**

Professeur des Universités : M. Jean-Jacques MORRIER
Maître de Conférences : M. Jean-Pierre DUPREZ

SOUS-SECTION 56-02 : **ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE**

Maîtres de Conférences : Mme Sarah GEBEILE-CHAUTY, Mme Claire PERNIER,

SOUS-SECTION 56-03 : **PREVENTION - EPIDEMIOLOGIE
ECONOMIE DE LA SANTE - ODONTOLOGIE LEGALE**

Professeur des Universités M. Denis BOURGEOIS
Professeur des Universités Associé M. Juan Carlos LLODRA CALVO
Maître de Conférences M. Bruno COMTE

SOUS-SECTION 57-01 : **PARODONTOLOGIE**

Maîtres de Conférences : Mme Kerstin GRITSCH, M. Philippe RODIER,

SOUS-SECTION 57-02 : **CHIRURGIE BUCCALE - PATHOLOGIE ET THERAPEUTIQUE
ANESTHESIOLOGIE ET REANIMATION**

Maître de Conférences : Mme Anne-Gaëlle CHAUX-BODARD, M. Thomas FORTIN,
M. Jean-Pierre FUSARI

SOUS-SECTION 57-03 : **SCIENCES BIOLOGIQUES**

Professeur des Universités : M. J. Christophe FARGES
Maîtres de Conférences : Mme Béatrice RICHARD, Mme Béatrice THIVICHON-PRINCE,
M. François VIRARD

SOUS-SECTION 58-01 : **ODONTOLOGIE CONSERVATRICE - ENDODONTIE**

Professeur des Universités :
Maîtres de Conférences :

M. Pierre FARGE, M. Jean-Christophe MAURIN, Mme Dominique SEUX
Mme Marion LUCCHINI, M. Thierry SELLI, M. Cyril VILLAT

SOUS-SECTION 58-02 :

PROTHESE

Professeurs des Universités
Maîtres de Conférences

M. Guillaume MALQUARTI, Mme Catherine MILLET
M. Christophe JEANNIN, M. Renaud NOHARET, M. Gilbert VIGUIE,
M. Stéphane VIENNOT

**SOUS-SECTION 58-03 : SCIENCES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES OCCLUSODONTIQUES,
BIOMATERIAUX, BIOPHYSIQUE, RADIOLOGIE**

Professeur des Universités
Maîtres de Conférences
Maître de Conférences Associé

Mme Brigitte GROSOGOGEAT, M. Olivier ROBIN
M. Patrick EXBRAYAT, Mme Sophie VEYRE-GOULET
AYARI Hanène

SECTION 87 :

Maître de Conférences

SCIENCES BIOLOGIQUES FONDAMENTALES ET CLINIQUES

Mme Florence CARROUEL

A notre président de Jury,

Monsieur le Professeur MALQUARTI Guillaume

Professeur des Universités à l'UFR d'Odontologie de Lyon

Praticien-Hospitalier

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'Université Lyon I

Chef de Service du Service d'Odontologie de Lyon

Habilité à Diriger des Recherches

Vous nous faites le très grand honneur et le privilège d'accepter la présidence de cette thèse.

Nous vous remercions pour l'attention et la bienveillance que vous nous avez apportées tout au long de nos études.

Veuillez trouverz dans ce travail l'expression de notre profond respect.

A notre Juge,

Monsieur le Docteur NOHARET Renaud

Maître de Conférences à l'UFR d'Odontologie de Lyon
Praticien-Hospitalier
Docteur en Chirurgie Dentaire
Ancien Interne en Odontologie
Docteur de l'Université de Lyon

Nous vous remercions de l'honneur que vous nous avez fait en acceptant de siéger dans ce jury.

Nous vous remercions de nous avoir transmis votre expérience et votre savoir en Odontologie Prothétique.

Merci de vos conseils avisés et de votre disponibilité.

Soyez assuré de notre très grande reconnaissance et de notre respect.

A notre Juge,

Madame le Docteur PERNIER Claire

Maître de Conférences à l'UFR d'Odontologie de Lyon
Praticien-Hospitalier
Docteur en Chirurgie Dentaire
Ancien Interne en Odontologie
Spécialiste qualifié en ODF
Responsable de la sous-section d'ODF

Nous vous remercions de l'honneur que vous nous avez fait en acceptant la direction de cette thèse et de votre disponibilité durant sa réalisation.

Soyez assurée de notre profonde gratitude pour votre aide ainsi que le temps que vous nous avez consacrés.

Nous avons été très sensible à votre soutien et à votre bienveillance durant nos années d'internat.

Que cette thèse soit pour nous l'occasion de vous exprimer notre très grande reconnaissance et respect.

A notre Juge,

Madame le Docteur BOUCHERIT Sabine

Assistant hospitalo-universitaire au CSERD de Lyon
Docteur en Chirurgie Dentaire
Spécialiste qualifié en ODF

Nous vous remercions de l'honneur et la joie que vous nous faites en acceptant de siéger dans ce jury.

Nous vous exprimons notre reconnaissance pour le savoir que vous avez su nous transmettre avec gentillesse, patience et grande pédagogie pendant cette année d'internat.

Veuillez trouver ici le témoignage de notre grand respect.

A Monsieur le Docteur RENGER Stéphane, spécialiste en orthopédie dento-faciale,

Merci de m'avoir accueillie avec tant de gentillesse et de bonne humeur dans votre cabinet.

Je vous remercie aussi pour la générosité dont vous avez fait preuve dans vos explications et vos partages de connaissance.

Soyez assuré de mon profond respect, je vous souhaite le meilleur pour vous et votre équipe.

Aux Docteurs POITEL Laurence et Martial, spécialistes en orthopédie dento-faciale,

Merci de m'avoir accueillie avec tant de sympathie et de bienveillance dans votre cabinet.

Je vous remercie de m'avoir fait partager votre passion pour l'Orthodontie.

Sachez que mon court passage dans votre cabinet a renforcé ma motivation et que j'espère égaler, un jour, votre dévouement envers les patients.

Soyez assuré de mon profond respect.

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION.....	1
2. RAPPELS.....	4
2.1 Evolution des systèmes de distalisation des molaires maxillaires	5
2.2 Influence de la croissance dans l'évolution d'une dysmorphose de classe II.....	7
2.3 Efficacité de la distalisation par ancrage osseux.....	7
2.4 Indications des systèmes de distalisation des molaires maxillaires à ancrage osseux	9
2.5 Contre-indications et inconvénients des systèmes de distalisation des molaires maxillaires à ancrage osseux	11
3. CLASSIFICATION ET PRESENTATION DES DIFFERENTES TECHNIQUES DE DISTALISATION DES MOLAIRES MAXILLAIRES PAR ANCRAGE OSSEUX TEMPORAIRE MAXILLAIRE	13
3.1 Ancrage squelettique palatin médian ou paramédian.....	14
3.1.1 Description du site osseux	14
3.1.2 Description générale des techniques par ancrage palatin.....	17
3.1.3 Avantages	17
3.1.4 Inconvénients	18
3.1.5 Présentation des différents systèmes palatins	20
3.1.5.1 Ancrage médio-palatin à localisation antérieure	20
3.1.5.1.1 Mécanique de distalisation par glissement	20
3.1.5.1.1.1 MISDS : « Miniscrew Implant Supported Distalization System » de PAPADOPOULOS	20
3.1.5.1.1.1.1 Description de la technique	20
3.1.5.1.1.1.2 Avantages	22
3.1.5.1.1.1.3 Inconvénients	23
3.1.5.1.1.2 BENESLIDER de WILMES	25
3.1.5.1.1.2.1 Description de la technique	25
3.1.5.1.1.2.2 Avantages	33
3.1.5.1.1.2.3 Inconvénients	36
3.1.5.1.1.3 DISTAL JET SUR IMPLANT PALATIN	37
3.1.5.1.1.3.1 Description de la technique	37
3.1.5.1.1.3.2 Avantages	38
3.1.5.1.1.3.3 Inconvénients	38
3.1.5.1.2 Mécanique de distalisation par boucle	40
3.1.5.1.2.1 GISP : « graz implant supported pendulum »	40
3.1.5.1.2.1.1 Description de la technique	40
3.1.5.1.2.1.2 Avantages	40
3.1.5.1.2.1.3 Inconvénients	41
3.1.5.1.2.2 BAPA « Bone-Anchored Pendulum Appliance »	43
3.1.5.1.2.2.1 Description de la technique	43
3.1.5.1.2.2.2 Avantages	44
3.1.5.1.2.2.3 Inconvénients	44
3.1.5.1.2.3 PENDULIS	45
3.1.5.1.2.3.1 Description de la technique	45
3.1.5.1.2.3.2 Avantages	46
3.1.5.1.2.3.3 Inconvénients	46
3.1.5.1.3 ORTHOSYSTEM ®	47
3.1.5.1.3.1 Description de la technique	47
3.1.5.1.3.2 Avantages	49
3.1.5.1.3.3 Inconvénients	49

3.1.5.2 Ancrage médio-palatin à localisation postérieur = ARC TRANSPALATIN RELIE AUX MINI-VIS PAR UN SYSTEME DE TRACTION	50
3.1.5.2.1 Description de la technique.....	50
3.1.5.2.2 Avantages	51
3.1.5.2.3 Inconvénients	51
3.2 Ancrage squelettique zygomatique.....	53
3.2.1 Systèmes utilisant des mini-plaques zygomatiques	53
3.2.1.1 Technique « <i>Skeletal Anchorage System</i> » de SUGAWARA	55
3.2.1.1.1 Description de la technique.....	55
3.2.1.1.2 Effets.....	56
3.2.1.1.3 Avantages	58
3.2.1.1.4 Inconvénients	60
3.2.1.2 Technique « <i>Bollard</i> » de DE CLERCK.....	62
3.2.1.2.1 Description de la technique.....	62
3.2.1.2.2 Effets.....	64
3.2.1.2.3 Avantages	65
3.2.1.2.4 Inconvénients et complications.....	67
3.2.1.3 Technique « <i>Zygoma-Gear Appliance</i> » de NUR.....	69
3.2.1.3.1 Description de la technique.....	69
3.2.1.3.2 Effets.....	70
3.2.1.3.3 Avantages	71
3.2.1.3.4 Inconvénients	72
3.2.1.4 Evolution des mini-plaques zygomatiques pour la distalisation maxillaire	72
3.2.2 Systèmes utilisant des mini-vis zygomatiques enfouies.....	74
3.2.2.1 Effets	76
3.2.2.2 Avantages	76
3.2.2.3 Inconvénients.....	77
3.3 Ancrage squelettique alvéolaire	78
3.3.1 Mini-vis vestibulaire	78
3.3.1.1 Description du site osseux vestibulaire.....	78
3.3.1.2 Présentation des différentes techniques avec mini-vis vestibulaires.....	79
3.3.1.2.1 Description générale	79
3.3.1.2.2 Avantages	81
3.3.1.2.3 Inconvénients	82
3.3.1.2.4 Influence du nombre de mini-vis inter-radiculaires vestibulaires sur le schéma de distalisation	85
3.3.2 Mini-vis vestibulaire placée verticalement.....	87
3.3.2.1 Description de la technique	87
3.3.2.2 Effets	89
3.3.2.3 Avantages	89
3.3.2.4 Inconvénients.....	89
3.3.3 Mini-vis palatine	90
3.3.3.1 Description du site	90
3.3.3.2 Avantages	91
3.3.3.3 Inconvénients.....	91
3.3.4 Mini-vis tubérositaire.....	93
3.3.4.1 Description du site osseux.....	93
3.3.4.2 Description de la technique	93
3.3.4.3 Effets	94
3.3.4.4 Avantages.....	94
3.3.4.5 Inconvénients.....	95
4. CONCLUSION.....	96

1. INTRODUCTION

Selon le dictionnaire d'orthognathodontie, la distalisation consiste en un déplacement par translation distal, c'est un mouvement qui éloigne les dents concernées du point inter-incisif (1). Les traitements par distalisation de l'arcade maxillaire sont utilisés lorsque la molaire maxillaire est située trop antérieurement par rapport à la molaire mandibulaire dans le plan sagittal. Cela correspond à une dysmorphose de classe II, d'origine basale ou dentaire, selon les classifications de BALLARD et d'ANGLE.

La dysmorphose de classe II est une malocclusion qui se rencontre chez 42% des enfants français âgés de 12 ans et représente 40 à 60% des cas traités dans les cabinets d'orthodontie selon A. PATTI (2). Le rapport de la HAS de 2006 intitulé « Bilan de Dysmorphose Dento-Maxillo-Faciale » précise que les dysmorphoses de Classe II sont les anomalies les plus fréquemment traitées avec 64,3% de la population orthodontique (3).

Les anomalies de classe II peuvent résulter de différentes composantes squelettiques et/ou dento-alvéolaires. L'origine mandibulaire par insuffisance de croissance est la plus fréquente puisqu'elle représente 80% des cas (2). Notre travail ne s'intéressera donc qu'aux 20% restants : les dysmorphoses de classe II d'origine maxillaire où la distalisation repositionne les molaires maxillaires en occlusion fonctionnelle optimale avec les molaires mandibulaires.

Plusieurs systèmes ont été mis au point pour traiter les dysmorphoses de classe II, ils ont prouvé leur efficacité mais présentent aussi des inconvénients. Ils nécessitent une grande coopération de la part du patient et ils induisent de nombreux effets parasites. La communauté orthodontique a voulu les corriger en développant de nouveaux protocoles de traitement. Les traitements par distalisation sur ancrage osseux sont issus de cette réflexion.

En effet, l'orthodontie a été influencée par différents courants de pensée, avec notamment, des affrontements marqués entre les théories extractionnistes et les non-extractionnistes (4). De nos jours, les praticiens semblent moins recourir aux extractions, d'autant plus, que l'arsenal thérapeutique se renforce. Les nouveaux

matériaux et nouvelles biomécaniques élargissent les capacités de traitements. La distalisation, en recréant l'espace nécessaire sur l'arcade, en est un exemple. L'essor des ancrages osseux à la fin des années 1990, associé aux difficultés rencontrées avec les mécaniques conventionnelles lors du traitement des classes II, ont conduit au développement des techniques de distalisation maxillaire avec ancrage osseux.

66% des spécialistes en orthopédie dento-faciale français utilisent les mini-vis, 87% de ces mini-implants servent à réaliser des mouvements sagittaux en distalisation/mésialisation. (Dr BARTHELEMY conférence Décembre 2014 SFOL). La distalisation des molaires maxillaires peut être considérée comme une alternative aux extractions dans un certain nombre de cas complexes (5, 6).

C'est face au développement de ces nombreuses techniques de distalisation des molaires maxillaires à l'aide d'ancrage osseux, que nous avons trouvé judicieux de réaliser une revue de littérature la plus exhaustive possible et de proposer une classification de ces systèmes en fonction de leur localisation. Nous décrirons chaque système, ainsi que leurs avantages et leurs inconvénients.

Les bases de données Pubmed, Cochrane Central Register of Controlled Trials, Web of Knowledge, CISMEF, EM Premium, Google Scholar et le catalogue SUDOC ont permis de rechercher, jusqu'à juin 2015, les articles médicaux relatant l'utilisation des ancrages osseux temporaires pour la distalisation des molaires maxillaires. La stratégie de recherche a été la suivante :

1.	Orthodontic ou orthodontics ou orthodontique
2.	Micro-implant ou micro implant ou microimplant
3.	Mini-implant ou mini implant
4.	Mini-screw ou mini screw ou miniscrew
5.	Palatal implant ou palatal screw
6.	Buccal implant ou buccal screw
7.	Mini-plate ou mini plate ou miniplate
8.	Orthodontic implant
9.	2 ou 3 ou 4 ou 5 ou 6 ou 7 ou 8
10.	1 et 9

2. RAPPELS

2.1 Evolution des systèmes de distalisation des molaires maxillaires

Depuis longtemps, les techniques « classiques » de distalisation des molaires maxillaires sont représentées par l'ensemble des appareils à appui extra-buccal : les **forces extra-orales antéro-postérieures** (FEO). Ils se composent d'un casque à appui crânien et d'un système intra-buccal et doivent être **portés plus de dix heures par jour**. La **visibilité** et l'**encombrement** du casque rendent le port de cet appareil contraignant. Des difficultés de coopérations associées à la pression sociale sont souvent notées avec ce type de traitement.

Ce constat a conduit les praticiens à élaborer des **appareils à ancrage intra-oral**. Depuis les années 1970, la profession a ainsi vu fleurir des appareils cherchant à distaler les molaires maxillaires, de façon aussi efficace que les forces extra-orales, en ne s'appuyant que sur des éléments **dentaires ou muqueux**. Ces appareils peuvent être amovibles (plaques ou gouttières à vérin de distalisation, plaque à cantilever de distalisation (7)) ou fixes (pendulum de HILGERS, distal-jet (8), « first class appliance » de PAPADOPoulos (9), appareil de translation molaire de KELES et SAYINSU (10), « *Bimetric distalizing arch* » de WILSON (11), jones-jig (12), aimants, techniques de traitement des classes II sur multi-attache d'arc droit à l'aide de ressorts en contraction et/ou de tractions élastiques inter-arcades (TIA) (13)).

Ces appareils présentent l'avantage d'être **plus discrets** que les forces extra-orales car ils sont intra-buccaux. De plus, ceux qui sont inamovibles (= fixes et sans TIA) sont **constamment actifs** et ne sont donc pas assujettis à la coopération du patient. Comme toute mécanique, ils sont cependant responsables d'**effets parasites** (14) :

- Un mouvement de version distal important des molaires au lieu d'une translation pure.
- Un mouvement de vestibulo-version et mésialisation des dents d'ancrage antérieures (= perte d'ancrage antérieure), à l'origine de mouvements d'aller-retour augmentant le risque de résorption radiculaire.
- Des pertes d'ancrage des dents postérieures lors de la rétraction de la denture antérieure suite à la distalisation des molaires. Ceci conduit également à des

mouvements d'aller-retour (risque de résorption radiculaire) et à un phénomène de récidive car la distalisation molaire obtenue est alors en partie perdue.

- Une sollicitation de l'arcade mandibulaire par l'emploi d'appareils orthodontiques à la mandibule, effet accentué par l'utilisation de tractions inter-arcades. Si cette arcade n'est pas touchée par une dysmorphose (ex : absence d'encombrement à l'arcade mandibulaire), l'emploi d'appareil orthodontique à la mandibule peut conduire à la perte de la forme d'arcade mandibulaire ou à la vestibulo-version des incisives mandibulaires si des tractions inter-arcades sont utilisées.
- Difficulté de traitement des classes II subdivision. En effet, le traitement des classes II unilatérales nécessite l'emploi d'un couple de force pour annuler les forces appliquées à l'hémi-arcade opposée saine. Un tel couple de force est difficilement applicable par les appareils intra-oraux à ancrage conventionnel (15).

Néanmoins, au delà de ces effets parasites, ce sont surtout les **difficultés rencontrées au cours des traitements orthodontiques de l'adulte et l'émergence des ancrages osseux temporaires** qui ont conduit la communauté scientifique à concevoir de nouveaux **appareils intra-buccaux de distalisation à ancrage osseux** pour s'affranchir des ancrages conventionnels (16).

Les traitements orthodontiques adultes sont, en effet, réputés être plus complexes, tant d'un point de vue biomécanique (ancrage amoindri, absence de potentiel de croissance, diminution du turn over cellulaire...), que d'un point de vue psychologique (exigences différentes, volonté de systèmes invisibles, parfois refus de la chirurgie orthognathique...).

De plus, la transition d'ancrage dentaire à ancrage osseux temporaire, réalisée **dès la fin des années 1990**, a permis de se libérer en partie des problèmes de coopération et de certains effets parasites comme les mouvements de « va-et-vient » dus aux pertes d'ancrage successives (16).

2.2 Influence de la croissance dans l'évolution d'une dysmorphose de classe II

Il convient de rappeler que, selon BJORK, entre 10 et 20 ans, en dehors de tout traitement, la première molaire maxillaire avance sagittalement de 5 mm en moyenne sur sa base. La hauteur alvéolaire au niveau des prémolaires augmente de 10 mm entre 4 et 20 ans. Pour PAPADOPoulos, confirmé par ELLOUZE et DARQUE (9, 17), il est possible, par un traitement avec des mini-implants, **d'inhiber le développement alvéolaire de la molaire maxillaire ou de l'arcade maxillaire en bas et en avant, pendant que le développement alvéolaire de la molaire mandibulaire en haut et en avant contribue à la réduction de la classe II occlusale.** Dans leur étude comparative, ELLOUZE et DARQUE étudient la correction d'une classe II.1 chez des patients en croissance de typologie normo ou hyperdivergente, traités sans extraction de prémolaire. Ils distinguent 2 groupes : le 1^{er}, traité par mini-implants maxillaires postérieurs + multi-attache et le second groupe, traité par mécanique conventionnelle (FEO et/ou TIA) + multi-attache. L'ancrage osseux a permis d'obtenir un résultat squelettique comparable à celui de l'effet des FEO/TIA : réduction de l'angle ANB par recul du point A et croissance mandibulaire comparable, par contre, le contrôle du plan mandibulaire s'est révélé plus efficace à l'aide des mini-vis. Au niveau dento-alvéolaire, le groupe traité avec mini-vis montre un meilleur contrôle sagittal et vertical de la molaire maxillaire.

2.3 Efficacité de la distalisation par ancrage osseux

Les appareils de distalisation maxillaire par ancrage osseux sont donc efficaces, comme le montre également FUDALEJ dans une revue de littérature systématique (18). 12 articles ont été sélectionnés (de faible et moyenne qualité) regroupant 223 sujets d'âge moyen de 13 à 27,3 ans. 8 études concernent les ancrages palatins antérieurs, 2 études sont relatives aux ancrages infra-zygomatiques, 1 étude relative à la distalisation des molaires mandibulaires par ancrage sur le ramus. Les durées de traitement varient de 4,6 à 28,9 mois. Au maxillaire, 3,3 à 6,4 mm de distalisation ont été observés avec une distalisation moyenne par mois de 0,7mm/mois (SD = 0,3mm) ;

ainsi que des versions distales molaires allant de 0,80° à 12,20°. Les incisives maxillaires sont restées stables tout au long des différents traitements. Le plus faible taux de déplacement distal des molaires recensé fut pour l'étude de SUGAWARA sur le SAS : « skeletal anchorage system ». Le taux le plus élevé est trouvé avec le « dual-force distalizer ». Ceci pourrait être dû au nombre de dents déplacées : recul en masse dans le cas du SAS et distalisation des molaires seules pour le « dual-force distalizer ». Ces résultats sont à interpréter avec prudence car aucune des études produites sur ces systèmes de distalisation n'est de haute qualité. Seuls des essais de moyenne et faible qualité ont été trouvés. Compte-tenu de la disparité des moyens d'investigation, aucune méta-analyse n'a été possible.

Avantages des systèmes de distalisation à ancrage osseux :

- *coopération moindre par rapport aux forces extra-orales, aux systèmes amovibles, aux tractions inter-arcades.*
- *discretion de ces systèmes par rapport aux forces extra-orales, aux tractions inter-arcades.*
- *absence ou diminution de sollicitation de l'ancrage dentaire ce qui permet d'utiliser ces systèmes même si des dents sont absentes ou fragiles (racines à risque de résorption radiculaire, parodontite amoindri).*
- *évite ou réduit les effets parasites sur les dents restantes.*

2.4 Indications des systèmes de distalisation des molaires maxillaires à ancrage osseux

Les techniques de distalisation des molaires maxillaires sont utiles quand l'anomalie de classe II est essentiellement due à une dysmorphose de l'arcade maxillaire. Effectivement, les classes II par rétromandibulie devront être traitées par stimulation de la croissance mandibulaire chez l'enfant ou par chirurgie d'avancée mandibulaire chez l'adulte.

Il semble intéressant de réaliser une distalisation maxillaire en présence :

- D'une **proalvéolie maxillaire**.
- D'une malocclusion de **classe II d'Angle par dérive mésiale des secteurs postérieurs maxillaires** provoquée par une perturbation de la séquence d'éruption (mésialisation des premières molaires uni ou bilatérale par perte précoce des secondes molaires temporaires ou par la présence d'une dent retenue) ou par un contexte dysfonctionnel.
- D'un **encombrement modéré** (ex : canine incluse, canine en ectopie vestibulaire haute, fermeture d'espace entre incisive latérale et la 1ère prémolaire où l'extraction de prémolaire n'est pas envisagée). La distalisation sera un choix optimal lorsque les tissus mous sont correctement soutenus, l'angle naso-labial est normal, qu'il n'y a pas d'encombrement à la mandibule et que le praticien ne souhaite pas obtenir une occlusion de classe II molaire thérapeutique.
- D'une **classe II squelettique modérée**.

Chez l'enfant, certaine classe II squelettique légère peuvent être réduite par le recul des molaires maxillaires accompagnée par l'effet de propulsion spontanée de la mandibule, selon la théorie de MOLLIN (19).

Chez l'adulte, dans les cas de classe II squelettique modérée, des traitements dits de compensation peuvent-être entrepris. Pour les patients refusant une chirurgie d'avancée mandibulaire, un traitement orthodontique par distalisation des molaires maxillaires conduira à un compromis sur le soutien des tissus mous.

Ce type de traitement permet également de diminuer le besoin d'extractions par recul de l'arcade maxillaire dans les classes II modérées, tout en contrôlant le sens vertical (17).

- Une classe III squelettique nécessitant un traitement orthodontico-chirurgical. La **phase de décompensation orthodontique** a pour but de faire correspondre le décalage dentaire au décalage osseux, la distalisation des molaires maxillaires peut conduire à ce résultat.

Indications :

- *proalvéolie maxillaire*
- *classe II d'Angle par mésio-position d'un ou des secteurs postérieurs maxillaires*
- *encombrement modéré*
- *classe II squelettique modérée*
- *décompensation orthodontique lors de la phase de préparation pour une dysmorphose de classe III*

2.5 Contre-indications et inconvénients des systèmes de distalisation des molaires maxillaires à ancrage osseux

Les contre-indications sont représentées par les **contre-indications générales aux chirurgies implantaires** et par les **contre-indications relatives à la biomécanique de distalisation** (17).

Les **pathologies générales** osseuses, endocriniennes incontrôlées, immunitaires et vasculaires représentent les contre-indications générales à la pose de mini-vis.

Les contre-indications locales sont de 2 ordres :

- **contre-indications locales implantaires** : ostéomyélite, radiothérapie au niveau de la zone à planter, pathologies des muqueuses buccales, hygiène buccale déficiente, support osseux insuffisant. Les phases de constitution de la denture par l'évolution des germes représentent une contre-indication relative.
- **contre-indications orthodontiques** : les classes II d'origine mandibulaire, les encombrements sévères maxillaire et mandibulaire qui relèvent de traitement par extractions (6). Les excès verticaux sont également souvent associés à une contre-indication de l'utilisation des systèmes de distalisation car la combinaison du recul et de la version distale consécutive à la distalisation molaire, entraîne une ouverture du schéma facial par égression des molaires maxillaires. Comme nous le verrons dans les paragraphes suivants, cette contre-indication est relative selon les systèmes de distalisation par ancrage osseux utilisés car certains permettent d'ingresser les molaires en les distalant, ce qui a tendance à fermer le schéma facial (20, 21).

Les contraintes liées à ces systèmes sont relatives à la biomécanique nouvelle à maîtriser, à l'anxiété du patient face aux ancrages osseux, aux difficultés rencontrées lors de l'insertion, lors des activations et lors de la dépose, ainsi qu'aux coûts de fabrication.

Contre-indications :

- *contre-indications générales et locales à l'implantologie*
- *contre-indications orthodontiques : rétromandibulie, encombrements majeurs, excès vertical (relatif)*

Inconvénients :

- *étapes chirurgicales*
- *biomécanique nouvelle*
- *coûts*

**3. CLASSIFICATION ET PRESENTATION DES DIFFERENTES
TECHNIQUES DE DISTALISATION DES MOLAIRES MAXILLAIRES
PAR ANCRAGE OSSEUX TEMPORAIRE MAXILLAIRE**

L'étude de la littérature met en évidence trois grands systèmes de distalisation des molaires maxillaires à l'aide d'ancrage osseux : les **systèmes par ancrage palatin**, ceux **par ancrage zygomatique** et ceux **par ancrage alvéolaire**. Pour chaque technique, nous aborderons les qualités osseuses du site, une description générale de la technique ainsi que les variantes des systèmes selon chaque auteur.

3.1 Ancrage squelettique palatin médian ou paramédian

3.1.1 Description du site osseux

Le site palatin est réputé pour être un site avec une **excellente stabilité primaire**, d'où son utilisation de plus en plus fréquente, notamment chez les enfants de moins de 15 ans pour lesquels la qualité osseuse vestibulaire est moins bonne qu'au niveau du palais (22). WEHRBEIN a montré en 1996 que la partie antérieure du palais dur est stable et il a obtenu avec l'Orthosystem® une stabilité maximale de ces mini-vis (100%) lors de rétraction du bloc antérieur (23) .

L'**os cortical** palatin présente l'avantage d'être **épais**, de plus, il est recouvert d'une **gencive attachée** qui est suffisamment **fine** pour éviter d'être déstabilisante. **L'absence de proximité radiculaire** évite les risques de lésion radiculaire et évite de gêner les déplacements dentaires, ce qui en fait un site de qualité (24).

De très nombreuses techniques d'ancrage palatin ont été développées pour la distalisation des molaires. Nous verrons que la position des vis palatines varie selon les techniques : elles peuvent être insérées dans le palais antérieur ou plus postérieurement.

Selon WILMES, en tenant compte des qualités anatomiques du palais osseux et de la gencive, le site à privilégier se situe au niveau de **l'aire en « T »** qui se trouve sur le plan sagittal médian ou paramédian à la suture, en arrière du second ou troisième raphé palatin selon la situation clinique. Les raphés palatins sont les épaississements du « palais rugueux » (ou muqueuse palatine antérieure), elles débutent en arrière de la papille rétro-incisive et sont perpendiculaires au plan sagittal médian (Fig. 1, 2 et 3).

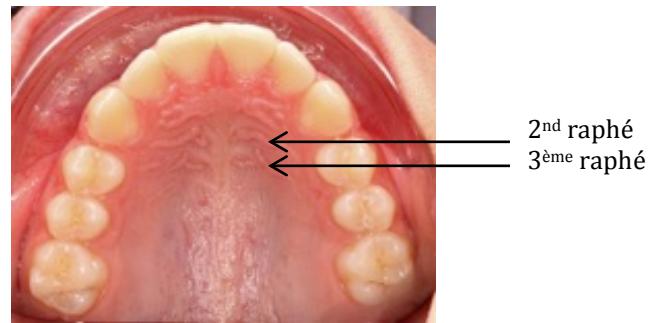


Figure 1 : Visualisation des 2nd et 3^{ème} raphés palatins (iconographie personnelle)



Figure 2 : Vue occlusale d'une section horizontale d'une pièce anatomique du maxillaire au niveau de l'épine nasale antérieure. (LUDWIG)(24)

Observer l'épaisseur osseuse de la zone antérieure « aire en T » et observer la faible épaisseur osseuse en paramédian de la suture inter-maxillaire en regard des secteurs latéraux.



Figure 3 : Site d'insertion potentiel des mini-vis palatines. (LUDWIG)(24)

En vert : site optimal ; **jaune** : site restreint dû aux variabilités individuelles ; **rouge** : site non recommandé à cause de l'épaisseur de la muqueuse ou des éléments vasculaires. Le cercle bleu représente le canal incisif.

Chez l'adulte, l'insertion des mini-vis pourra être réalisée en paramédian ou directement sur la suture inter-maxillaire. Chez l'enfant de moins de 15 ans, de nombreux auteurs considèrent qu'il faut éviter d'insérer les mini-vis directement dans la suture inter-maxillaire. En effet, KIM et LEE montrent, dans l'étude qui compare des os corticaux de suture palatine médiane chez des adultes et des patients de moins de 15 ans, que pour les adolescents, l'os est de moins bonne qualité et en moindre quantité (Fig. 4, (22)). Si la **croissance** de la suture n'est **pas terminée**, les **zones para-sagittales seront préférées** (22). Au contraire, pour WILMES (25) la stabilité serait équivalente entre les mini-vis placées dans la suture ou en paramédian, même chez les adolescents.

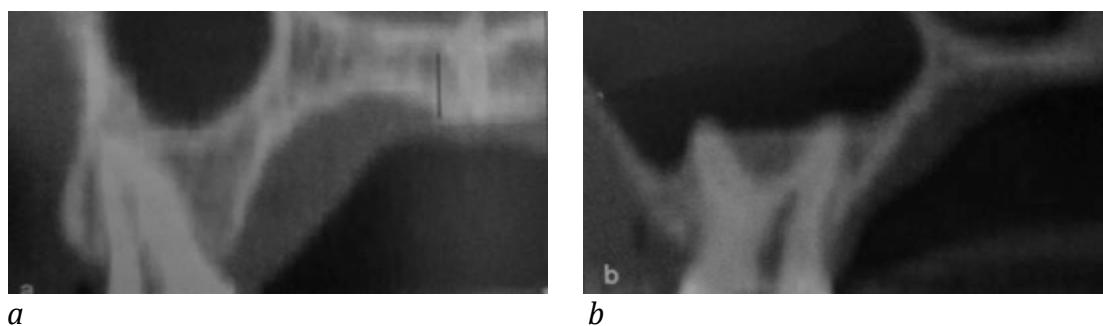


Figure 4 : Comparaison des os corticaux palatins (LEE) (22)
a : Os cortical de la suture palatine médiane d'adulte , **b** : os cortical palatin de patient de moins de 15 ans, observer l'épaisseur des tissus osseux.

L'insertion d'une vis dans la suture palatine pourrait avoir un effet sur sa croissance. En effet, ASSCHERICKX et col. ont observé une inhibition de la croissance transversale du maxillaire après insertion de deux vis de type Orthosystem® dans la suture palatine de chien. Cependant, nous devons rester prudent puisque cette étude est réalisée sur le chien et qu'elle ne dispose que d'un seul contrôle animal. De plus, l'Orthosystem® fait appel à une vis plus invasive : sa surface est préparée (rugueuse) et son diamètre est supérieur aux mini-vis conventionnelles (26).

3.1.2 Description générale des techniques par ancrage palatin

Pour les mini-vis implantées dans la partie antérieure du palais, une analyse des documents radiographiques ; notamment la **téléradiographie de profil**, permet d'identifier **l'axe d'insertion** afin d'éviter les racines dentaires.

Une **anesthésie** par infiltration **locale** de la muqueuse palatine est ensuite réalisée.

Une fois la mini-vis positionnée, l'appareil de distalisation est réalisé **soit au laboratoire** (après prise d'empreinte en double-mélange avec des polyvinylsiloxanes et des transferts d'empreinte) **soit directement en bouche**.

En fonction de la mini-vis utilisée, une période d'ostéointégration peut être nécessaire.

La distalisation est réalisée soit par **technique de glissement** avec des ressorts ou des chaînettes élastomériques, soit par **technique de boucles** sur arc TMA.

Une fois la distalisation molaire souhaitée obtenue, la mini-vis palatine peut être maintenue afin **d'augmenter l'ancrage des molaires lors de la rétraction du bloc antérieur**.

Cependant, la **distalisation en masse** est, de nos jours, la plus employée par rapport à la distalisation en deux phases. (WILMES, conférence de la SFOL, 7 décembre 2014, Paris).

3.1.3 Avantages

- Bonne **stabilité primaire** (car l'os cortical est présent en qualité et quantité, la gencive attachée est de faible épaisseur), même chez les patients de moins de 15 ans,
- **Pas d'interférence** avec les mouvements dentaires, le site étant à distance des racines,
- **Pas de limite** à la distalisation,
- Large espace de la suture palatine,

- **Ligne d'action** de la force placée **idéalement** en fonction du mouvement souhaité (Fig. 5).

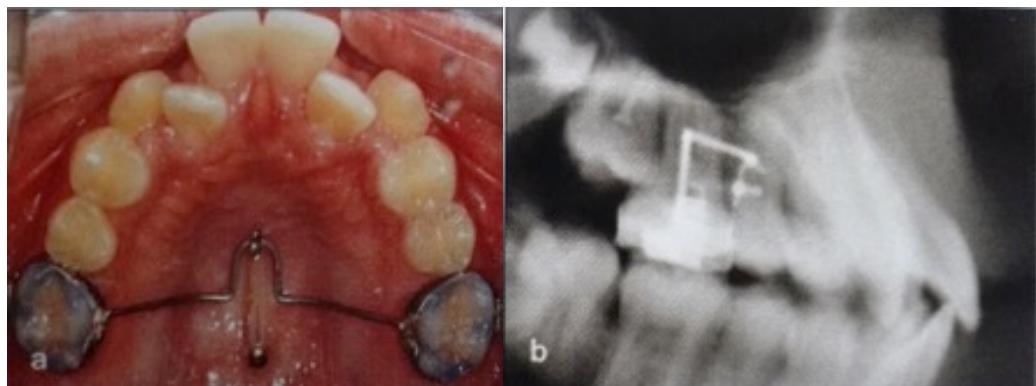


Figure 5 : Ligne d'action de la force de distalisation (LEE) (22)

3.1.4 Inconvénients

- **Inconfort** des appareillages palatins.
- **Etapes laboratoires** nécessaires pour la fabrication de certains de ces appareillages.
- **Effets parasites de version** selon la profondeur de la voûte palatine. Si les forces de distalisation ne passent pas par le centre de résistance, des effets parasites de **versions** apparaissent. (Si la voûte palatine est profonde, les forces de distalisation passent au dessus du centre de résistance, ce qui entraîne une version). Cet effet parasite peut être maîtrisé en changeant la ligne d'action de la force ou en ajoutant une mini-vis vestibulaire/palatine inter-radiculaire ou encore en ajoutant un attachement qui permet de faire passer la force par le centre de résistance des molaires (Fig. 6).

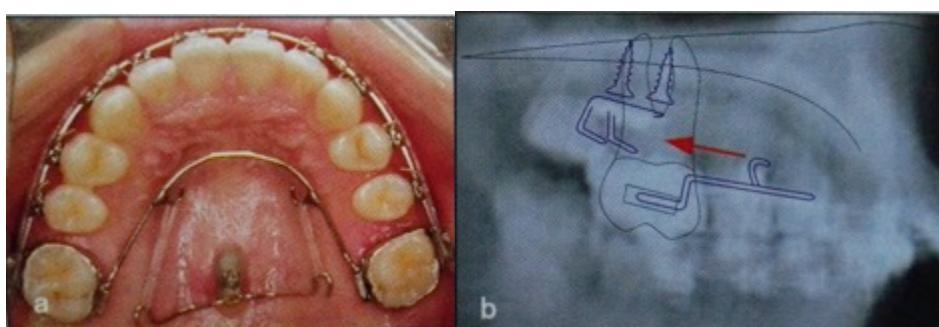


Figure 6 : Choix de la ligne d'action de la force de distalisation par ajout d'attachement (LEE) (22)

- Risque de **perforation sinusienne**. La perforation du sinus maxillaire par une minivis peut cicatriser d'elle-même sans complication, si la lésion est inférieure à 2mm. Etant donné le petit diamètre de l'ancrage, la perforation n'impose pas sa dépose immédiate, la thérapeutique orthodontique peut continuer, mais le patient doit être suivi régulièrement pour éviter tout développement potentiel de sinusite ou de mucocèle (27).

COSTA et col. (28) ne rapportent aucune conséquence néfaste sur la stabilité de la minivis et des complications minimales après une perforation du sinus maxillaire avec une minivis orthodontique.

3.1.5 Présentation des différents systèmes palatins

Parmi ces systèmes, nous pouvons encore distinguer ceux dont l'ancrage est localisé à la partie antérieure du palais et dont la mécanique de distalisation se fait par glissement ou par boucle et ceux dont l'ancrage est localisé à la partie postérieure du palais avec une distalisation par traction élastomérique d'un arc transpalatin qui solidarise les molaires maxillaires.

3.1.5.1 Ancrage médio-palatin à localisation antérieure

3.1.5.1.1 Mécanique de distalisation par glissement

3.1.5.1.1.1 MISDS : « Miniscrew Implant Supported Distalization System » de PAPADOPOULOS

PAPADOPOULOS fut le premier à introduire en 2008 un système de distalisation des molaires par **glissement** sur ancrage par mini-vis palatines. Cette solution lui paraît intéressante pour les cas cliniques nécessitant un **ancrage maximal** au maxillaire, d'autant plus si la **coopération** du patient est **incertaine**.

3.1.5.1.1.1.1 Description de la technique

L'unité d'ancrage est constituée de deux mini-vis placées en paramédian dans le palais antérieur, elles supportent la force de distalisation. Le site d'insertion optimale pour les mini-vis se situe **6 à 9 mm en arrière du foramen incisif** et de **3 à 6 mm en paramédian** de la suture inter-maxillaire, selon PAPADOPOULOS (29). Une anesthésie des tissus mous est réalisée lors de la pose des mini-vis, la quantité d'anesthésie utilisée doit être faible afin de ne pas anesthésier les organes dentaires. C'est un principe de précaution qui permet d'éviter les dommages radiculaires lors de l'insertion des mini-vis puisque le patient exprimera une douleur lors d'un contact vis/racine.

Dans la même séance que celle nécessaire à la pose des mini-vis, le praticien réalise une **empreinte** avec des bagues en place sur les premières molaires. Grâce à des transferts d'empreinte, une réplique en plâtre supportant les analogues des mini-vis et les deux bagues molaires est réalisée au laboratoire. Le MISDS est construit au laboratoire et **individualisé** pour chaque patient. Un arc acier de 0,036 inch est plié

pour former deux boucles antérieures et deux bras latéraux (appelés bras de distalisation) qui longent les procès alvéolaires palatins et doivent être **parallèles au plan d'occlusion** afin d'éviter des effets parasites dans le sens vertical. Les boucles antérieures seront reliées aux têtes des mini-implants par des ligatures métalliques.

Une variante existe : il est possible d'insérer les mini-vis une fois que l'appareil est posé en bouche, les mini-vis sont alors directement vissées au centre des deux boucles antérieures du MISDS.

Une extension supportant une glissière de 0,045 inch est soudée sur la face palatine des bagues molaires. L'extension se situe à distance de la muqueuse gingivale (éitant les blessures) et la glissière se trouve proche du centre de résistance des molaires afin que la force de distalisation engendre un mouvement de translation (Fig. 7).



*Figure 7: Système PAPADOPoulos modifié par le Dr POITEL (avec l'aimable autorisation des Docteurs Romain et Martial POITEL)(30)
Extension supportant une glissière de 0,045 inch pour permettre le passage de l'arc de distalisation de 0,036 inch*

La force de distalisation est produite par un **ressort nickel-titane** palatin actif en compression entre un point de soudure sur l'arc de distalisation ou un stop vissé et la glissière des bagues molaires. La force de distalisation produite est d'environ **230g/côté**, réactivée toutes les 4 semaines si nécessaire.

Après la distalisation, le système est légèrement modifié afin de fournir une unité d'ancrage postérieure stable pour la rétraction du bloc antérieur par un appareil multi-attache conventionnel (Fig. 8).



Figure 8 : « *Miniscrew Implant Supported Distalization System* » appareil activé en place. (PAPADOPoulos) (29)

3.1.5.1.1.1.2 Avantages

- Pour l'auteur, « *c'est une solution simple, efficace, non-extractionniste, demandant peu de coopération* pour traiter les patients en malocclusion de classe II ».
- Sa construction permet de faire passer la force de distalisation **au niveau du centre de résistance** des molaires, ce qui améliore la proportion de translation distale et **diminue la version** molaire obtenue au cours de la distalisation.
- **Cela évite la perte d'ancrage antérieure** observée lors de la distalisation des dents postérieures avec des ancrages conventionnels.
- **La perte d'ancrage postérieure** consécutive à la rétraction des dents antérieures est **diminuée, voire annulée**. La stabilisation des dents postérieures, lors de la phase de recul du bloc antérieur, est, en effet, assurée par le maintien de l'appareil de distalisation sur ancrage osseux.
- L'utilisation de deux mini-vis pour l'ancrage permet d'**éviter la perte de la symétrie** de la forme d'arcade **dans les cas de distalisation unilatérale**. Les deux mini-vis permettent, en effet, de stabiliser le système, afin de lutter contre l'effet de torsion que subit l'appareil lorsque des forces de distalisation asymétriques sont appliquées.
- PAPADOPoulos a développé un nouvel appareil : le « **advanced molar distalization appliance** » (AMDA), qui garde tous les avantages du MISDS mais

qui présente la nouveauté d'**être préfabriqué** et peut facilement être sécurisé dans les fourreaux linguaux des bagues. Il n'y a donc plus besoin d'étape laboratoire pour souder des tubes aux bagues molaires, ce qui rend son utilisation clinique plus simple.

3.1.5.1.1.3 *Inconvénients*

- **L'inconfort** pour le patient car l'appareil est encombrant.
- Lors de la distalisation, on note un **élargissement de la forme d'arcade** postérieure. Pour éviter cet effet parasite, qui peut conduire à une exclusion maxillaire postérieure, il faut **cintrer les bras de distalisation**. Cependant, la déformation des bras doit être modérée car elle **augmente le frottement** de la glissière sur l'arc.
- La **correction de la rotation axiale des molaires** (souvent présente dans les dysmorphies de classe II) **ne peut être réalisée** en même temps que la distalisation.
- L'arc de distalisation doit être suffisamment long pour permettre le déplacement des molaires jusqu'à leur position finale. **L'arc dépasse** donc en distal des molaires et peut gêner le patient.

Si la distalisation est effectuée sur les secondes molaires, le phénomène est encore plus gênant pour le patient, la glissière pourra donc être décalée en mésiale afin de diminuer la longueur de l'arc qui dépasse (Fig. 9).



Figure 9 : Déplacement mésial de la glissière. (avec l'aimable autorisation des Docteurs Romain et Martial POITEL)(30)

- Des **inflammations** de la gencive palatine peuvent être induites par le système (Fig. 10).



Figure 10 : Inflammation de la gencive palatine (avec l'aimable autorisation des Docteurs Romain et Martial POITEL)(30)

- Une **étape laboratoire** ou l'**achat** du nouveau **système** entièrement **préfabriqué** est nécessaire.

3.1.5.1.1.2 BENESLIDER de WILMES

WILMES a développé un ensemble d'appareils à ancrage palatin qui ont différentes fonctions, le **Beneslider** est celui qui permet une distalisation. Il s'inspire du Distal jet et du Keles Slider, associé à l'utilisation de mini-vis et de systèmes de piliers. Les premières publications sur ce système sont parues en 2008. Le système est **préfabriqué**, le praticien l'adapte à la situation clinique grâce aux **accessoires standardisés** (Fig. 14 et 19).

L'absence de rotation du système lors de l'application de la force, grâce à l'utilisation de **deux mini-vis reliées par une mini-plaque** : la *beneplaque*, constitue l'un des principaux avantages du système (Fig. 16).

3.1.5.1.1.2.1 Description de la technique

Le système beneslider utilise deux mini-vis en alliage de titane (Grade 5: Ti-6Al-4V), d'un diamètre de **2mm et 1,5mm** (Fig. 11 et 16). Quatre types de piliers différents peuvent être insérés au sommet de l'implant, pour s'adapter à toutes les situations cliniques. La **connexion vissée** entre le mini-implant et les piliers permet de faciliter la pose, le retrait et assure une bonne stabilité.



Figure 11 : Mini-implant Benefit avec sa tête munie d'un pas de vis interne et les 12 pans de son contour extérieur complètent la stabilité de la mécanique connectée par vissage.(31)

Après une anesthésie locale de la muqueuse, les mini-vis sont placées généralement dans la **suture palatine**, au niveau du **3^{ème} raphé** palatin. Les deux mini-vis peuvent être placées soit dans le plan sagittal, soit dans le plan frontal. (WILMES, conférence de la SFOL, 7 décembre 2014, Paris).

Pour la distalisation, compte tenu des forces en jeu, deux mini-vis reliées par une mini-plaque sont nécessaires. Ce type de couplage vissé est le garant d'une très grande stabilité biomécanique lors de la sollicitation. Les taux de perte implantaire sont de 10,3 % lorsqu'un seul mini-implant est utilisé et de 2,8 % lors de l'utilisation de deux mini-implants reliés par une mini-plaque (31).

Chez l'enfant, on choisira une mini-vis de **2 mm de diamètre par 9 mm de long** et une seconde de **2 mm par 7 mm**.

Chez l'adulte, une mini-vis de **2 x 11mm** et une de **2 x 9 mm**. La mini-vis la plus longue sera la plus antérieure des deux. Un pré-forage à 1,4 mm sur 4 mm de profondeur est recommandé pour insérer une mini-vis de 2mm de diamètre. Les niveaux de couple recommandés sont de 10 à 20 Ncm.

L'évolution de la technique va vers une **diminution de la longueur des mini-vis**, car lors de l'insertion, les 2 derniers millimètres peuvent être douloureux. L'auteur ne rapporte pas de perforation de la muqueuse sinuse et précise qu'en cas de perforation, il n'y aurait pas de conséquence infectieuse, étant donné la taille des mini-vis, propos en accord avec les études de COSTA (28) et de KRAVITZ (27) qui montrent que la guérison est spontanée en cas de perforation inférieure à 2 mm. (WILMES, conférence de la SFOL, 7 décembre 2014, Paris). Il n'y aurait pas non plus de conséquence mécanique : selon BRANEMARK il n'y a pas de conséquence sur la stabilité implantaire si l'implant dentaire perfore la membrane sinuse (31).

Au cours de la séance de pose des mini-vis, des bagues molaires avec fourreau lingual sont placées sur les molaires à distaler. Les **Benetubes** sont essayés dans les fourreaux par le coté mésial, puis ils sont **légèrement déformés** pour éviter le contact avec la muqueuse et l'inflammation de celle-ci (Fig. 12, 13 et 19).

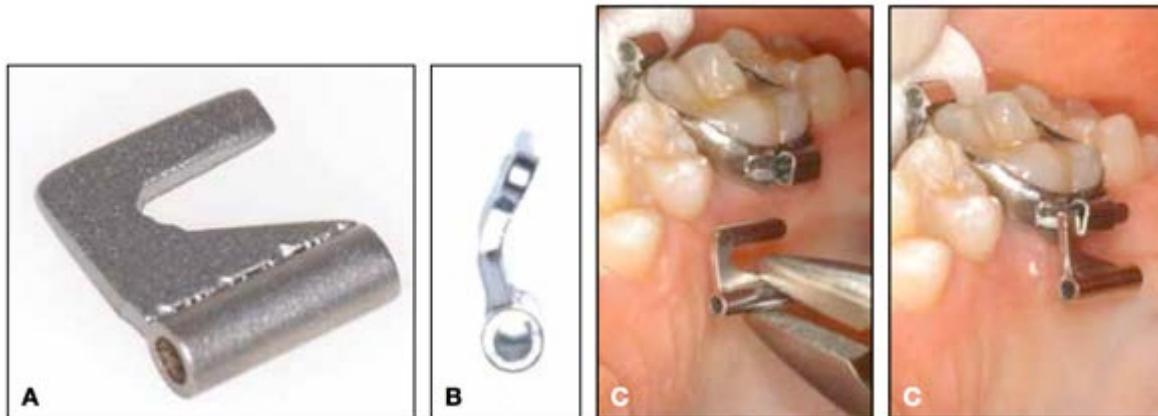


Figure 12 : Benetube (WILMES)(32)

A : vue latérale d'un Benetube, B : déformation du Benetube pour s'adapter à la gencive. C : insertion du Benetube de mésial en distal pour la distalisation.



Figure 13 : Benetube en place. (WILMES)(32)

Observer l'adaptation du benetube à la gencive et le passage de l'arc de distalisation proche du centre de résistance de la molaire.

Il existe **deux longueurs pour le bras vertical du Benetube**, ce qui permet de choisir la ligne d'action de la force. De même, si un mouvement de distalisation asymétrique est souhaité avec distalisation d'un côté et mésialisation contre-latérale, le mésialtube sera utilisé de ce côté (Fig. 14).



Figure 14 : Benetube et Mesialtube (WILMES)(33)

Deux tailles possibles pour le benetube et le mesialtube pour les cas de distalisation/mésialisation.

BANACH a amélioré les Benetubes, afin de permettre une solution encore plus esthétique, permettant d'éviter les bagues sur les molaires : ce sont des tubes dits « individualisés », les « **Flexitubes** ». Un arc acier est adapté à la face linguale des molaires, qui sera fixé à la molaire par du composite, à l'autre extrémité un tube est soudé permettant le passage de l'arc de distalisation (Fig. 15).



Figure 15 : Flexitube d'après BANACH (24, 34, 35)

Ensuite, l'arc de distalisation, en acier de 1,1mm de diamètre, soudé à la Beneplaque est façonné pour s'adapter à la forme du palais, de même pour la Beneplaque (Fig. 16, 19).



Figure 16 : Arc de distalisation courbé et Beneplaque adaptée au relief du palais.(WILMES)(25)

A ce stade, le système préfabriqué peut être **directement façonné, fixé et activé immédiatement en bouche** ou alors être **adapté au laboratoire**. Selon le cas clinique et l'expérience du praticien, il peut être préférable de passer par un modèle en plâtre et un réglage au laboratoire. Cela nécessitera alors la prise d'empreinte de

l'arcade maxillaire par un polyvinylsiloxane avec les bagues molaires, les mini-vis ainsi que leurs transferts d'empreinte en place. Comme en technique implantaire, l'analogue de laboratoire est fixé sur le modèle en plâtre (Fig. 17 et 18).



Figure 17: Transfert des informations cliniques sur le modèle en plâtre pour la fabrication de l'appareil. (WILMES)

A : Insertion des mini-implants ; B Transferts d'empreinte placés sur le mini-implant ; C : Analogues de laboratoire insérés dans les transferts d'empreinte ; D : modèle en plâtre avec les analogues laboratoires. (25)



Figure 18 : Appareil réglé sur modèle en plâtre. (WILMES)

Ce réglage avant la séance de pose permet de faciliter son insertion et de diminuer le temps de travail au fauteuil. (33)



Figure 19 : Présentation des différentes pièces du beneslider de WILMES (Nienkemper) (36)

De haut en bas : beneplaque, vis de fixation de la beneplaque sur les mini-vis palatine, arc de distalisation, vérrou mobile d'activation, ressort NiTi, Benetube.

Lors de la séance de pose de l'appareil, il faut insérer sur chaque bras de l'arc de distalisation l'**écrou mobile d'activation**, puis le **ressort** et enfin le **Benetube** (Fig. 19). Ce dernier est introduit dans le fourreau lingual de la bague. La beneplaque est alors fixée sur les mini-vis par des vis de fixation. Pour finir, le ressort est activé par compression grâce à l'écrou mobile qu'il faut approcher du benetube et bloquer par vissage (Fig. 20).



Figure 20 : Ressort mis en compression par l'écrou mobile. (WILMES) (37)

Au niveau de la biomécanique, les mini-vis sont utilisées en **ancrage direct** (Fig.21), car :

- cela évite la perte d'ancrage par mésialisation des prémolaires suite à l'inclinaison des mini-vis et à la courbure de l'arc engendrée par la pression des forces de distalisation,
- cela **évite** également la fabrication d'un **second appareil** pour distaler le bloc antérieur une fois les molaires distalées.

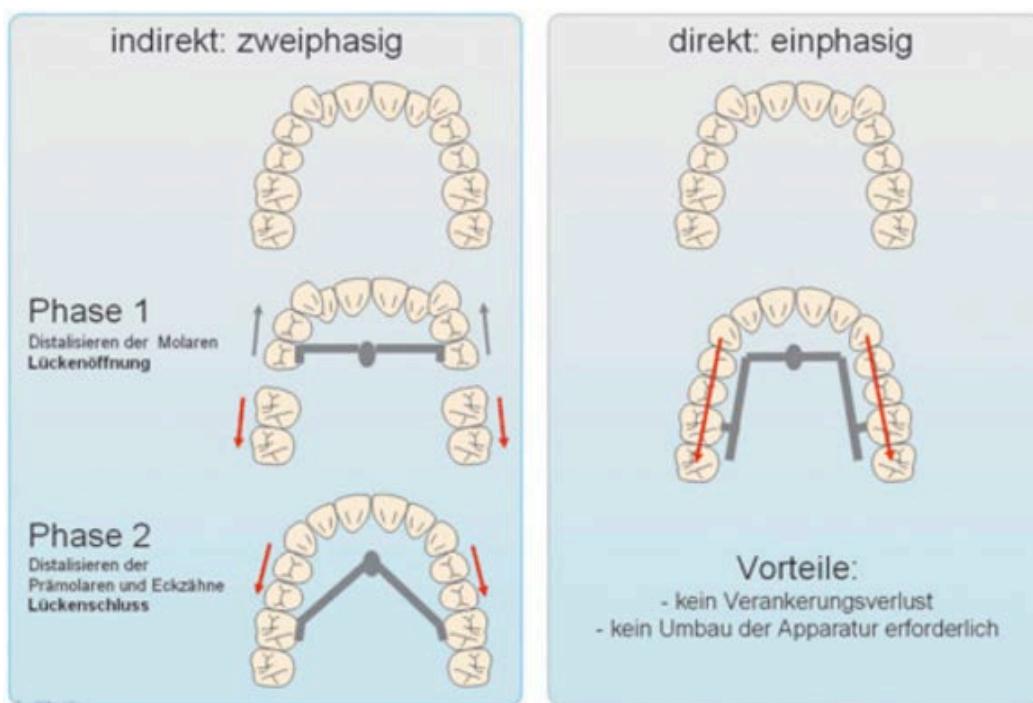


Figure 21 : Schéma des conséquences biomécaniques de la distalisation par ancrage indirect (A) et direct (B) (WILMES)(38)

A : ancrage indirect sur mini-vis, on note une distalisation des molaires et une mésialisation de l'ancrage dentaire puis confection d'un second appareil pour la rétraction du bloc antérieur.

B : ancrage direct sur les mini-vis, distalisation globale des secteurs latéraux, pas de perte d'ancrage, pas de nécessité de concevoir un second appareil.

Dans le protocole établit par WILMES, l'**activation initiale** des ressorts est de **50%** afin d'éviter une surcharge sur les mini-implants pendant la **phase de cicatrisation**. De cette façon, pendant le premier mois, on n'observe pas de distalisation majeure. Selon le schéma dentaire, la force de distalisation varie : si **seules les premières molaires** sont sur l'arcade, une force de **240 g/côté** avec

ressort NiTi est suffisante. Par contre, si les **secondes molaires** ont fait leur éruption complète, la force de distalisation pourra être augmentée pour atteindre **500 g/côté**. Cependant, une telle force ne pourra être mise en place directement, un **délai d'au moins 2 mois** après l'insertion des mini-vis avec application d'une force initiale de 240 g/côté doit être respecté.

Les prémolaires et les canines vont se distaler sous l'effet de **l'étirement des fibres intra-septales**, de légers espaces vont alors s'ouvrir entre les prémolaires et les canines.

Face aux forces de frottements très importantes développées par le *Beneslider*, l'équipe de LONGERICH a développé le **Longslider** qui utilise deux ressorts en traction par côté (Fig. 22 et 23). Dans leur étude descriptive, ils obtiennent ainsi une translation par distalisation des premières molaires de **0,81mm/mois** +/- 0,02mm/mois au lieu d'environ 0,5 mm/mois. La distalisation a duré en moyenne **27.5 semaines** +/- **6.3**. Le **tipping distal** des premières molaires n'est **pas significatif** (39).

Le temps moyen de pose de l'appareil (directement au fauteuil, sans être confectionné au laboratoire) est de **7 minutes** pour l'équipe de LONGERICH.

Grâce à son design, il est possible d'utiliser **deux ressorts NiTi en traction par côté** (mécanique impossible avec le *Beneslider* qui utilise au maximum un ressort en compression par côté), la force de distalisation peut atteindre **600 gf** (5,88N), permettant de dépasser les forces de frottement (Fig. 23). Cependant, l'équipe de LONGERICH a fait le choix d'utiliser des forces de 350 gf/côté (en associant un ressort NiTi pseudoélastique de 150 gf et un autre de 200 gf) afin de protéger les racines dentaires.

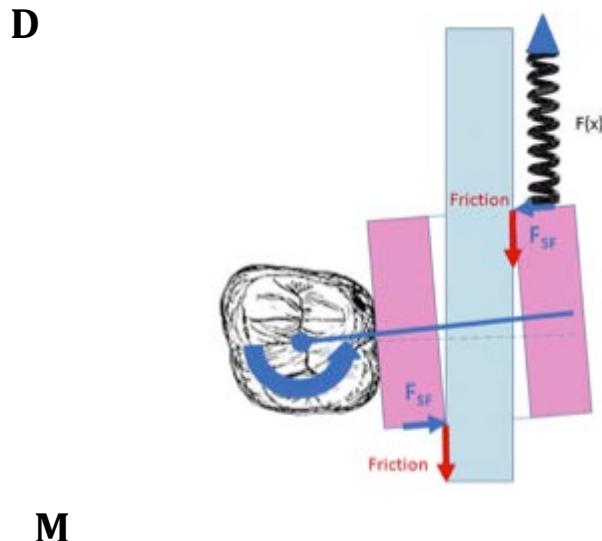


Figure 22 : Biomécanique du longslider (LONGERICH)(39)

L'effet parasite de rotation mésial sur la molaire dû à la force développée par les ressorts du Beneslider conduit à la perte d'alignement entre la tige de guidage et le fourreau palatin. Ce qui génère des contacts sur les parties distale et mésiale, augmentant les forces de frottement. Le Longslider, en utilisant des ressorts en traction permet de minimiser cet effet.



Figure 23 : Photo du double ressort du Longslider. (LONGERICH)(39)

3.1.5.1.1.2.2 Avantages

- Mouvement des molaires en translation distale, effet de **version très limité**.
 - Système **très rigide** minimisant les effets parasites.
 - Possibilité d'**ingression** concomitante.
 - **Pas de dommage radiculaire**.
 - Facilité de la dépose des mini-vis grâce à leur **surface lisse**, ce qui évite l'ostéointégration.

- **Faible taux d'échec** des mini-vis, malgré une force de distalisation importante. Leur dimension relativement importante, leur insertion dans une région présentant un os de très bonne qualité et la connexion des deux vis par la Beneplaque permettent de solliciter les mini-implants au-delà des 200cN, considérés comme la limite maximale dans les travaux de synthèse (40).
- Utilisable avec les techniques de multi-attache **vestibulaire** (36).
- Utilisable avec les **techniques esthétiques** : multi-attache lingual (41), aligneurs (42) (Fig. 24).



Figure 24 : Association du beneslider aux aligneurs (LUDWIG) (24)

- **Elimine le travail au laboratoire** si le praticien a suffisamment d'expérience pour plier l'arc préfabriqué du système (43).
- S'adapte bien aux **distalisations asymétriques**, selon WILMES. La biomécanique développée offre même la possibilité de réaliser une mésialisation molaire et une distalisation contro-latérale (Fig. 25).

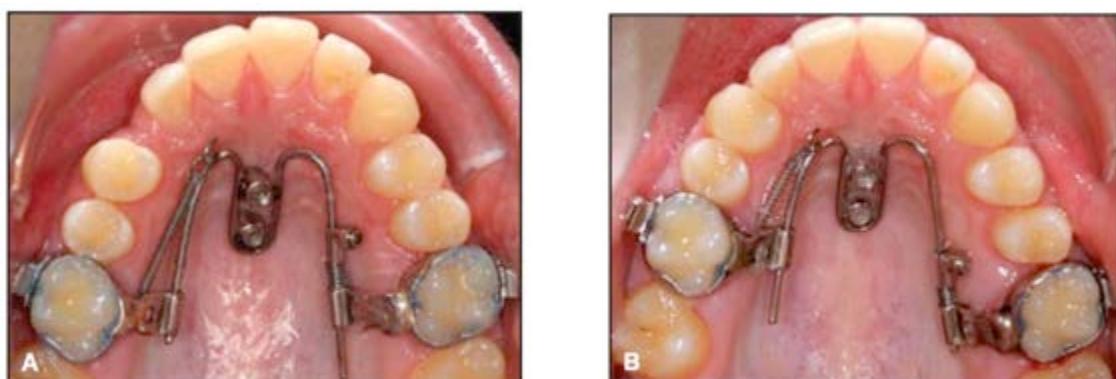


Figure 25 : Cas clinique d'une distalisation associée à une mésialisation (WILMES) (44)
A : Appareil asymétrique avec une distalisation secteur 2 et une mésialisation secteur 1 en utilisant le « Mésial-Distal slider » chez un patient présentant une agénésie de 13 et une déviation de la médiane supérieure. **B :** Après 7 mois de traitement.

- Simplicité d'utilisation. Le système préfabriqué standardisé permet des **gestes reproductibles** et certains éléments facilitent l'insertion de l'appareil. Par exemple : l'écrou mobile sur l'arc de distalisation, qui permet d'activer le ressort, peut être déplacé facilement puisqu'il est coulissant sur l'arc et sera bloqué dans la position souhaitée par vissage (Fig. 26).



Figure 26 : Ecrou mobile sur arc de distalisation (NIENKEMPER) (36)

- **Réutilisation** possible de certaines pièces après stérilisation (l'écrou sur l'arc de distalisation qui compresse le ressort)
- **Augmente l'ancrage** lors de la rétraction du bloc antérieur. Après la distalisation des molaires, le Beneslider est laissé en place pour augmenter l'ancrage, ce système ne nécessite donc **pas la construction d'un second appareil**.
- **Contrôle du sens vertical**, grâce au système d'arc de distalisation **rigide** qui évite la disto-version des molaires et grâce à l'ancrage osseux stable qui évite la perte d'ancrage antérieure et donc la bascule du plan d'occlusion (45) (Fig. 27).

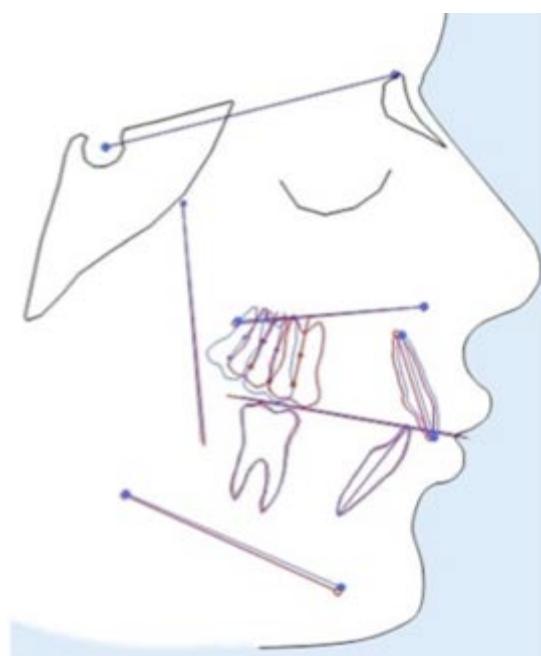


Figure 27 : Dessin numérique de téléradiographies (45)
Téléradiographies avant traitement (**rouge**) et post-traitement (**bleu**) superposées en identifiant les structures stables de référence de la base antérieure du crâne.

3.1.5.1.1.2.3 Inconvénients

- La **friction importante** qui s'exerce entre l'arc de distalisation et le tube des molaires, conduit à une **distalisation lente de 4-5mm en 8 à 10 mois**. Le frottement serait responsable de 50% à 80% de la diminution de la force des ressorts (39). Une force de distalisation importante doit donc être appliquée afin d'outrepasser les forces de frottement et entraîner le déplacement dentaire. Malgré les forces importantes utilisées, les forces ressenties aux niveaux des dents à distaler restent physiologiques car elles sont en partie annulées par les frottements. Selon la 3^{ème} loi de Newton, une force de même intensité mais de direction opposée à la force de distalisation va s'appliquer au niveau de la mini-vis, d'où la nécessité de construire un système rigide, pour les protéger.
- Un effet parasite de **vestibulo-version des molaires** supports conduisant à une exclusion postérieure, est observé. Il est donc nécessaire d'**incurver** les bras de l'arc de distalisation afin d'obtenir une forme plus ronde et non en « V ». Cependant, l'incurvation de l'arc devra être faible car plus l'arc est courbé plus le **frottement augmente**.
- Un autre effet parasite de **rotation mésio-palatine des molaires** s'exprime. Pour lutter contre cet effet parasite, les molaires peuvent être dérotées avant, pendant ou après, soit à l'aide d'arc transpalatin soit grâce au **flexitube** qui s'insère dans le tube palatin de la première molaire. (WILMES, conférence de la SFOL, 7 décembre 2014, Paris). Les rotations constituent un double inconvénient car elles accentuent le contact entre le tube et l'arc et ainsi augmentent encore les **frottements**.
- Ce système nécessite une étape laboratoire pour les **cas complexes** ou les praticiens **peu expérimentés**.
- Le patient peut exprimer un **inconfort** face à l'encombrement du système et face à l'arc guide qui dépasse en distal.
- Le coût financier pour s'équiper de ce système est important.

3.1.5.1.1.3 DISTAL JET SUR IMPLANT PALATIN

3.1.5.1.1.3.1 Description de la technique

La position des mini-vis palatines s'adapte bien à la conception du distal jet. Cet appareil palatin de distalisation à ancrage conventionnel a donc été modifié par l'ajout d'ancrages osseux temporaires. Le système se compose d'une mini-vis de **3mm de diamètre par 14 mm de long** (Leibinger, Germany) dans la technique de KARAMAN (46) ou de **deux mini-vis de 1,6 mm de diamètre par 9 mm de long** dans la technique de KINZINGER (47). Elles sont placées dans la suture inter-palatine antérieure (**2 à 3 mm en arrière du canal incisif**). Des bagues molaires avec tube palatin sont insérées sur 16 et 26, la prise d'une empreinte à l'alginate est réalisée dans la même séance (Fig. 28).

Le distal jet est **réglé au laboratoire** par assemblage des **bras télescopiques préformés**. Un arc acier de 1mm de diamètre (Dentaurum, Ispeingen, Germany) est adapté sur l'analogue du mini-implant inclus dans le modèle en plâtre puis soudé aux bras télescopique, il est également soudé à un arc acier de 0,8mm qui **relie les faces occlusales de 14 et 24** afin **d'augmenter l'ancrage**.

Une semaine après la pose des mini-vis, un ressort NiTi est ajusté sur l'arc acier de 1mm pour réaliser la distalisation. Le ressort est activé à **200 cN/côté**, réactivé toutes les 4 semaines.

Lors de la pose de l'appareil, l'arc acier de 1 mm est solidarisé à la mini-vis par du composite, la même chose est réalisée sur les faces occlusales des prémolaires.



Figure 28 : Distal-jet sur mini-vis palatines (KINZINGER) (47)

La durée moyenne du traitement a été de **6,7 mois** dans l'étude de KINZINGER réunissant 10 patients âgés de 12,1 ans en moyenne.

La distalisation moyenne des premières molaires fut de **3,92 mm** +/-0,53mm, leur ingression de **0,16 mm** +/- 0,26 et leur tipping distal de **2,79°** +/- 2,51° par rapport au plan palatin (47).

3.1.5.1.1.3.2 Avantages

- Le nombre d'**attachements occlusaux est réduit** par rapport à la technique classique, donc possibilité d'utiliser cet appareil lors des phases de transition de la denture.
- **L'étirement des fibres transeptales** permet la distalisation des prémolaires ou leur éruption plus distale.
- Les actions réciproques (de type perte d'ancrage par mésialisation) sont « **absorbées** » par l'**ancrage osseux** (48).
- L'arc n'a pas à dépasser en distal puisque le glissement se fait au niveau du bras télescopique et non à l'interface arc guide/fourreau de la molaire.

3.1.5.1.1.3.3 Inconvénients

- Ce système est **moins rigide** que l'appareil Beneslider de WILMES. Ce manque de rigidité augmente les effets parasites.
- L'appareil produit une **expansion**, due à sa forme. Il est alors nécessaire de courber l'**arc en toe-in**. Cependant, cela augmente le **frottement**.
- Une **rotation mésiale** des molaires est observée. Leur dérotation pourra nécessiter l'utilisation d'un ATP ou d'un Quadhélix.
- Une **disto-version coronaire** est également notée.
- KINZINGER observe, dans son étude, une légère **perte d'ancrage antérieure** malgré l'ancrage osseux puisque le mouvement de distalisation des molaires n'est pas égal au mouvement total dans le plan sagittal (47). Ceci pourrait être dû aux appuis occlusaux sur les premières prémolaires.

- L'étape laboratoire est indispensable pour l'assemblage des bras télescopiques préformés et l'adaptation des arcs aciers à souder puis à adapter aux mini-vis ainsi qu'aux faces occlusales des prémolaires.
- L'appareil est encombrant pour le patient.

Comme nous venons de le voir, les systèmes de distalisation des molaires maxillaires par glissement avec ancrage osseux médio-palatin à localisation antérieure utilisent préférentiellement cet ancrage de façon directe. Ils peuvent bien sûr être utilisés de façon indirecte pour d'abord stabiliser le secteur antérieur pendant le travail de recul des molaires puis stabiliser ces dernières pendant le travail de recul des dents antérieures. Cela présente cependant l'inconvénient de se priver de la distalisation spontanée des prémolaires et canines, de multiplier la fabrication d'appareils et donc de perdre du temps alors que ces ancrages sont tout à fait aptes à être utilisés de façon directe.

3.1.5.1.2 Mécanique de distalisation par boucle

Il s'agit de **pendulums** ou d'appareils très similaires dont l'**ancrage** antérieur est assuré de façon **directe** par des **dispositifs osseux vissés**, plus ou moins complexes, insérés au niveau de la zone médio-palatine antérieure.

3.1.5.1.2.1 GISP : «graz implant supported pendulum »

3.1.5.1.2.1.1 Description de la technique

Le GISP est constitué d'une **mini-plaque en titane** fabriquée par la firme Mondeal® Medical Systems GmbH (Tuttlingen, Germany). Elle est insérée au niveau du **palais antérieur**, sur la ligne frontale reliant les 2 prémolaires, suite à la réclinaison d'un **lambeau** muco-périosté. Elle est fixée par **quatre mini-vis** (Fig. 29). **Deux « pins »** passent à travers la muqueuse palatine et font saillie au niveau du palais (10mm de long, 3,5 mm de diamètre) (Fig. 30 et 31). Une empreinte est réalisée et au laboratoire, une **pastille de résine** est adaptée sur les pins. Du côté distal de cette pastille, sortent **deux ressorts de pendulum**, faits en alliage de titane-molybdène (TMA) 0,032 inch, développant une force de **250cN/côté** (49). Les 1^{ères} et 2nd molaires sont reliées par un multi-attache sectoriel avec un arc nitinol. La distalisation de la 2nd molaire peut être réalisée en premier grâce à un ressort entre les deux premières molaires.

Lors de la confection de l'appareil, il faut veiller à ne pas comprimer la muqueuse par la résine.

Les activations sont réalisées en dehors de la bouche.

Le début de la distalisation commence à être observé au bout de 4 à 5 mois. La durée d'une distalisation bilatérale, pour atteindre la classe I en partant d'une classe II totale, est de **12 mois en moyenne**.

3.1.5.1.2.1.2 Avantages

- Ce dispositif peut être positionné en regard d'une **faible hauteur osseuse**.
- Du fait de son insertion sous-périosté, il peut être activé dès la cicatrisation de la muqueuse, **sans** besoin d'attendre l'**ostéointégration**.

- L'appareil est très **bien toléré** par les patients.
- Il est possible de réaliser une distalisation **unilatérale**.
- Il n'existe **pas de force de frottement** contre un arc de distalisation qui gène le déplacement puisque ce n'est pas une technique en glissement mais une technique à boucle.
- BYLOFF fait évoluer le système. Il a développé une plaque palatine qui peut être insérée directement sur la muqueuse palatine (décollement non nécessaire) (50).



Figure 29 : « GRAZ implant » modifié (BYLOFF) (50)

3.1.5.1.2.1.3 Inconvénients

- Risque de **compression de la muqueuse** par la pastille en résine ou d'accumulation de plaque bactérienne.
- **Intervention chirurgicale** plus importante que pour la pose de mini-vis puisqu'il y a un **décollement en pleine épaisseur** de la muqueuse palatine.
- **Seconde intervention** nécessaire, avec décollement en pleine épaisseur, pour la dépose de la plaque palatine.
- Risque de **fracture** au niveau des ressorts en TMA.
- **Nécessité d'une étape laboratoire et difficulté de confection** de l'appareil.
- Obtention d'une **version distale** ou d'une **translation**, selon les informations fournies dans le système.

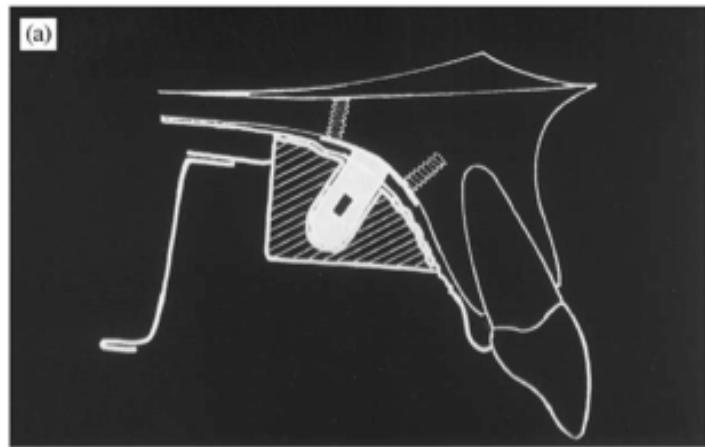


Figure 30 : Schéma du GISP selon KARCHER, vue latérale (49)



Figure 31 : Etapes cliniques du GISP (KINZINGER) (48)

A : Vue occlusale palatine après pose de la mini-plaque et cicatrisation. Les 2 pins apparaissent en niveau palatin. B : Mise en place du pendulum sur mini-vis sur les pins et dans les fourreaux palatins des bagues molaires.

3.1.5.1.2.2 BAPA « Bone-Anchored Pendulum Appliance »

3.1.5.1.2.2.1 Description de la technique

Le BAPA est un **pendulum de type HILGERS** associé à une mini-vis palatine en titane de **2mm de diamètre par 8mm de longueur** (IMF intermaxillary fixation screw, Stryker, Leibinger, Germany). Elle est insérée à **7-8mm en arrière du foramen incisif et 3-4mm en paramédian de la suture**, avec une inclinaison entre 50° et 76° par rapport au plan palatin. Deux mini-vis peuvent être utilisées pour éviter la rotation de l'appareil.

Après la cicatrisation muqueuse, l'empreinte est réalisée ainsi que le moulage en plâtre sur lequel sera construit le pendulum selon la conception de HILGERS. Des arcs auxiliaires peuvent relier l'appareil aux faces occlusales des prémolaires.

L'appareil est réglé et activé en clinique.

La plaque de résine acrylique faite au **laboratoire** est ensuite connectée à la tête de la vis par **rebasage** avec de la résine polyméthacrylate sans méthyl-méthacrylate (Ufi Gel hard, Voco GmbH, Cuxhaven, Germany) (Fig.32).

Selon KIRCELLI, la durée pour obtenir la classe I est de **7 mois +/- 1,8 mois**, sans perte d'ancrage, la vis est restée stable durant toute la distalisation (51).



Figure 32 : Situation clinique du BAPA en bouche à la fin de la phase de distalisation (KIRCELLI) (51)

3.1.5.1.2.2.2 Avantages

- **Moins de perte d'ancrage** qu'avec le pendulum classique.
- **Diminue le temps de traitement** par rapport au pendulum classique car il ne présente pas autant d'effets parasites : perte d'ancrage, mésialisation prémolaires et vestibulo-version incisives.
- Pas de différence significative sur le sens vertical entre le groupe traité par BAPA et le groupe traité par pendulum classique (52).
- Gain d'espace sur la longueur totale de l'arcade.
- Irritation relative du palais car la tête de la vis bloque la compression de la muqueuse.
- **Pas de vestibulo-version** observée sur les incisives maxillaires selon l'étude de KIRCELLI (51).

3.1.5.1.2.2.3 Inconvénients

- **Tipping distal** des premières molaires relativement **important** ($10.9^{\circ}+/- 2.8^{\circ}$) par rapport à d'autres techniques (ex : Beneslider de WILMES) (48).
- Mobilité de la plaque palatine en résine au cours des réactivations, surtout chez les patients présentant un palais peu profond.
- **Irritation** de la muqueuse observable lors du retrait de l'appareil.
- Accumulation de **plaque dentaire** sous la résine, cependant, les vis n'ont pas montré de mobilité. Aucune vis n'a été perdue (51).
- Nécessité d'une étape laboratoire.

3.1.5.1.2.3 PENDULIS

3.1.5.1.2.3.1 Description de la technique

Une nouvelle variante du pendulum sur minivis est présentée par NAPPÉE-MIÉVILLY dans l'orthodontie française en 2014 : le « **pendulis** ». Il reprend le concept d'origine (ressorts de distalisation en alliage de titane-molybdène et pastille de polyméthacrylate de méthyle) (Fig. 33) mais l'appui dentaire est remplacé par une **unique minivis palatine**, sur laquelle est fixé le dispositif au moyen d'un capuchon métallique soudé, aisément positionnable et retirable par le praticien, permettant une meilleure maîtrise de l'hygiène orale et une activation extra-buccale totalement contrôlée (53).

La mini-vis est auto-forante et auto-taraudante, insérée en para-médian de la suture chez l'enfant et médialement chez l'adulte.



Figure 33 : Vue occlusale du pendulis (A) et son schéma (B) (NAPPE-MIEVILLY) (53)
Schéma du pendulis et son intégration en bouche. La force distalante (rouge) est contrée par la force réactionnelle (bleue). Le moment disto-versant la molaire (cercle rouge) est contré par l'ajustage du ressort en TMA permettant de créer un moment opposé (cercle bleu). La présence d'une boucle de compensation sur le ressort offre une possibilité de réglage vertical.

3.1.5.1.2.3.2 Avantages

- **Efficacité** et **fiabilité** comparables aux autres systèmes supportés par des vis palatines (53).
- **Diminue le temps de traitement** par rapport au pendulum classique car il ne présente pas autant d'effets parasites : perte d'ancrage, mésialisation prémolaires et vestibulo-version incisives (Fig.34).
- **Dépose aisée** du dispositif.
- **Activation extra-buccale.**
- **Simplicité** d'utilisation (53).
- Diminution de l'anxiété du patient, des risques chirurgicaux et des coûts par l'utilisation **d'une seule vis d'appui** (53).
- Amélioration de l'ergonomie et du confort par la réalisation d'un dispositif sur mesure.

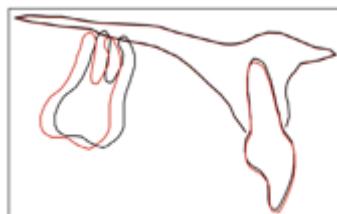


Figure 34 : Superposition des tracés céphalométriques avant/après distalisation au moyen du pendulis, réalisée sur le plan bispinal. (NAPPE-MIEVILLE) (53)

En noir, la situation initiale des incisives et molaires. En rouge, la position finale. On note l'absence d'effets parasites de disto-version molaire et de proversion incisive. Il existe cependant une très légère égression des deux groupes dentaires. Le réglage adéquat des ressorts en TMA anticipe l'effet de disto-version parasite sur les molaires, grâce à un mouvement de tip forward coronaire appliqué sur les molaires.

3.1.5.1.2.3.3 Inconvénients

- **Risque de fracture** du dispositif.
- **Irritation** de la muqueuse et de la langue.
- Accumulation de **plaque dentaire**.
- Nécessité d'une étape laboratoire.
- Système **peu rigide**, résistant moins bien aux mécaniques asymétriques.

3.1.5.1.3 ORTHO SYSTEM®

L'Orthosystem® est un **système implantaire** qui peut être adapté à différents appareils de distalisation comme le pendulum ou le distal jet et même être utilisé comme ancrage indirect (Fig. 36).

Il a été développé suite à la constatation de limites quant à l'efficacité des mini-vis conventionnelles. LIOU (54) puis PARK (55) montrent, en effet que les mini-vis conventionnelles, même si elles apportent un ancrage stable, ne restent pas complètement immobiles sous la pression d'une force continue. Ce système apporte une meilleure stabilité de l'implant et de la connexion entre l'implant et l'appareil de distalisation (23).

L'Orthosystem® est un mini-implant en titane pur de **3,3 mm de diamètre** par **4 ou 6 mm de longueur, sablé et traité chimiquement**. Deux hauteurs de col sont possibles : 2,5 et 4,5mm. La partie exposée de l'implant mesure 2mm.

C'est un ancrage temporaire **réduit en longueur** (Fig. 35), il assure une excellente stabilité, notamment dans sa connexion avec l'appareil de distalisation car il utilise un pilier qui est fixé sur l'implant (31).

Il est généralement placé dans le palais antérieur du fait de ses dimensions.

3.1.5.1.3.1 Description de la technique

L'implant est mis en place **avant le début** du traitement ODF. Une anesthésie locale est réalisée, puis le praticien supprime une pastille de muqueuse palatine, il préfère la corticale, puis insert la mini-vis manuellement.

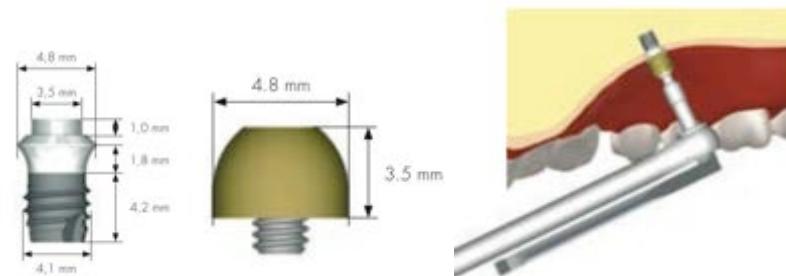


Figure 35: Schéma de l'Orthosystem® (Straumann® Orthosystem Palatal Implant)

Pour une bonne cicatrisation, il faut connecter la vis de cicatrisation, qui est maintenue **13 semaines**. Les auteurs conseillent la prescription d'antibiotique et donnent des conseils d'hygiène. La réalisation d'une pastille de résine sur la vis de cicatrisation est possible si le patient mobilise trop la vis.

Aucune complication chirurgicale (pas de perforation de la cavité nasale) n'a été recensée dans l'étude de ARCURI. Un implant a été perdu par manque d'hygiène et deux autres ont dû être repositionnés à cause de la mobilisation de l'implant par la langue.

La durée moyenne de maintien de l'implant en bouche fut de **22 mois et 25 jours** (56).

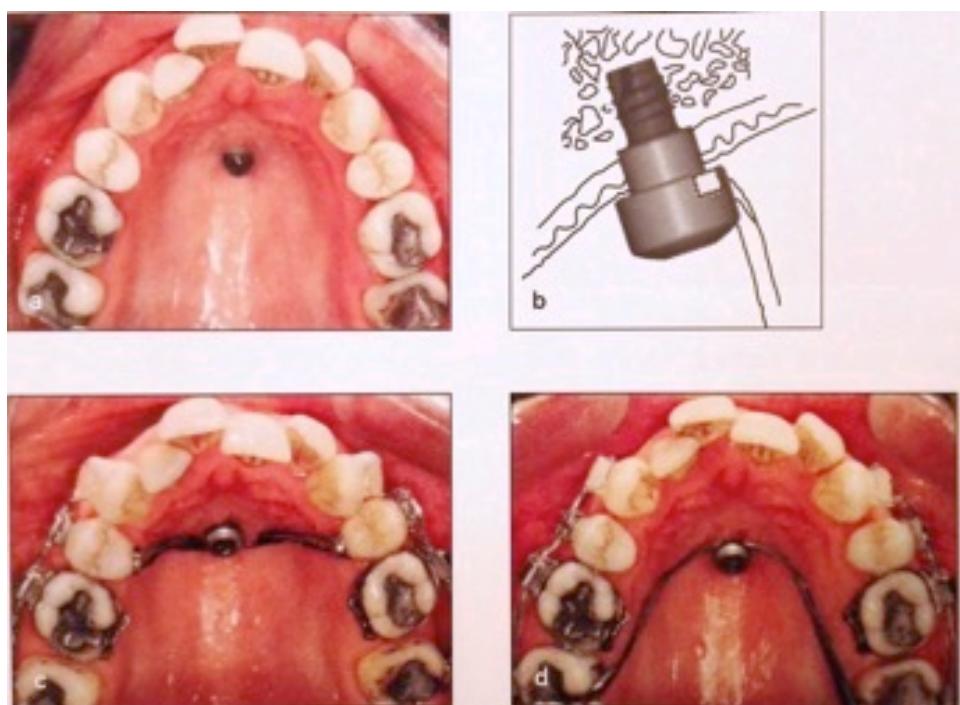


Figure 36 : L'Orthosystem® avec différents appareils palatins de distalisation. (LEE) (22)

En haut à gauche : vue clinique de la pose de l'Orthosystem®, en haut à droite : schéma de l'implant avec sa vis de cicatrisation, en bas à gauche : distalisation par mécanique indirecte, en bas à droite : confection d'un second appareil pour stabilisation de l'ancre postérieure lors de la rétraction du bloc antérieur.

3.1.5.1.3.2 Avantages

- **Moins de risque de perforation de la muqueuse sinuseuse ou d'atteinte radiculaire** car ces implants sont réduits en longueur.
- **Ostéointégration** obtenue grâce au sablage et au traitement chimique de l'implant. L'ostéointégration améliore la stabilité implantaire (56).

3.1.5.1.3.3 Inconvénients

- Temps de traitement augmenté. L'inconvénient majeur de cette technique est la **durée de cicatrisation** implantaire qui s'ajoute à la durée du traitement orthodontique. Cependant, cette phase pourrait être utilisée par l'orthodontiste pour réaliser les phases d'alignement et de nivellation.
- Temps d'ostéointégration : **3 mois** (31).
- Temps **chirurgical** augmenté. Ces implants nécessitent plus de manipulations : suppression de muqueuse palatine, préforage, forage.
- Suites opératoires plus délicates : **défaut osseux palatin** à la dépose du à la largeur de l'implant et à l'ostéointégration (57) (Fig. 37).
- **Coût** supérieur aux mini-vis classiques (de par l'achat des dispositifs et du temps passé au fauteuil).



Figure 37 : *Défaut osseux palatin observé à la dépose de l'Orthosystem® (LEE) (22)*

3.1.5.2 Ancrage médio-palatin à localisation postérieur = ARC TRANSPALATIN RELIE AUX MINI-VIS PAR UN SYSTEME DE TRACTION

De très nombreux systèmes de vis médio-palatines postérieures reliées à un arc transpalatin existent. Les mini-vis sont placées **plutôt postérieurement** dans le palais, mais toujours antérieurement par rapport au palais mou. Il n'existe pas d'auteur ou de système spécifique à cette technique car chaque appareil est conçu par le praticien selon sa philosophie et le cas clinique.

Une ou deux mini-vis sont placées dans la suture palatine ou en paramédian, le plus souvent **au delà du 4^{ème} raphé palatin**. Des bagues sont placées sur les premières molaires, une empreinte est prise puis un **arc transpalatin** est confectionné.

Les ancrages osseux sont ensuite reliés à l'arc transpalatin par chainette élastomérique ou ressort à **traction antéro-postérieure**. Il s'agit donc toujours d'un **ancrage direct**.

Le multi-attache peut être posé en seconde intention, une fois la distalisation molaire obtenue, afin qu'une partie de l'encombrement soit déjà résolue.

3.1.5.2.1 Description de la technique

(Fig. 38)





Figure 38 : Systèmes de distalisation sur ancrage médio-palatin postérieur (ELLOUZE, DARQUE) (17)

3.1.5.2.2 Avantages

- Technique **simple** à mettre en œuvre.
- **Coût** de fabrication faible.

3.1.5.2.3 Inconvénients

- Plus **inconfortable** pour le patient car la vis est postérieure et médiane, réflexe nauséux possible pour le patient.
- Positionnement précis de la mini-vis indispensable. Selon WILMES et LEE, ce **n'est pas le site le plus favorable** du palais, en terme de qualité et quantité osseuse, le positionnement des mini-vis devra donc être minutieux (31, 58). Le palais est plus fin dans cette zone, selon ces derniers, la partie postérieure de la suture intermaxillaire est une zone acceptable pour l'insertion de mini-vis si elles sont placées sur la suture ou à 3 mm de part et d'autre de celle ci. La **longueur** des vis devra par contre être **réduite**.
- **Expansion transversale** engendrée par le système. Une courbure en toe-in des parties terminales devra être réalisée pour contrôler le sens transversal et les rotations molaires (17).

Techniques de distalisation sur ancrage médio-palatin :

- *NOMBREUSES.*
- *Identifier les zones favorables à l'insertion des vis.*
- *mécaniques par glissement, à boucles ou par traction.*
- *pas d'interférence avec le système dentaire.*
- *chirurgie peu invasive, le plus souvent.*

1) Ancrage médio-palatin antérieur :

Techniques par glissement :

- *taux de translation plus important que dans les techniques à boucles*
- *possibilité de systèmes préfabriqués, sinon étapes laboratoires*
- *inconvénient majeur = frottement*

Techniques à boucles :

- *intéressant pour le recul molaire associé à un redressement de l'axe*
- *inconvénients : Etape laboratoire indispensable*

Effets parasites en version souvent marqués

2) Ancrage médio-palatin postérieur :

Traction d'un arc transpalatin par chaînette ou ressort

- *avantages : simple*
peu coûteux
- *inconvénients : inconfortable pour certains patients (nauséaux)*
peut parfois insuffisant, moins stable

3.2 Ancrage squelettique zygomatique

Deux types d'ancrage sont possibles pour cette localisation : **mini-plaques ou mini-vis**. Les mini-plaques ont la préférence pour la majorité des auteurs, car la position idéale de l'ancrage se situe au niveau de la **tubérosité zygomatique** et sera donc **enfoui**. Ces techniques sont plus que des « *renforts d'ancrage* », ce sont des « *ancrages absolus* », évitant les risques de perte d'ancrage (59).

La première distalisation molaire sur mini-plaque a été réalisée en **1985** par **JENNER** et **FITZPATRICK** (12).

L'évolution de la chirurgie orthognathique, par utilisation de mini-plaques en titane pour assurer la solidarisation de fragments osseux repositionnés, a permis depuis une dizaine d'année, le développement des mini-plaques comme ancrage en orthodontie.

Deux auteurs : **SUGAWARA** et **DE CLERCK** ont fait de nombreuses publications sur les ancrages zygomatiques par mini-plaques.

3.2.1 Systèmes utilisant des mini-plaques zygomatiques

Les mini-plaques sont en **titane**, elles comportent le plus souvent trois orifices pour le passage des **vis mono-corticales** de 5 à 7 mm de longueur, afin d'assurer un ancrage au niveau du contrefort zygomatique. Les plaques mesurent environ 2 mm d'épaisseur, elles peuvent être courbées pour s'ajuster à la corticale osseuse.

La longueur de la plaque choisie est déterminée sur l'orthopantomographie.

Le site d'insertion sur le pilier zygomatique est accessible après une **anesthésie locale ou générale** et élévation d'un lambeau de pleine épaisseur au niveau de la première molaire, apicalement à la ligne de jonction muco-gingivale.

Les auteurs s'accordent sur la zone de placement des mini-plaques, en effet, le **pilier zygomatique** propose un os de bonne qualité et en quantité suffisante. L'importante épaisseur de l'os à ce niveau permet une **bonne stabilité, sans** requérir l'**ostéointégration** (60). L'**insertion la plus haute** possible de la mini-plaque dans la tubérosité zygomatique donne la meilleure qualité et quantité d'os, et permet le

meilleur succès à long terme (61). Pour obtenir une bonne stabilité, le pilier zygomatique doit avoir une corticale d'au moins 2 à 3 mm d'épaisseur.

La mini-plaque est ensuite ajustée au contour osseux par le praticien, il réalise une perforation guide puis insère les vis mono-corticales.

Le repositionnement du lambeau puis sa suture recouvre la plaque en laissant dépasser les crochets pour exercer la traction orthodontique. La phase chirurgicale de la pose des plaques dure **10 à 15 minutes par mini-plaque** pour un praticien expérimenté (60). La mini-plaque peut être adaptée (par ex : section de crochets de traction si les trois ne sont pas utiles). Les **moyens d'accrochage à l'appareil multi-attaches** doivent être situés à **5 mm environ au dessus de l'arc orthodontique** afin d'exercer une traction au niveau du centre de résistance des dents à rétracter (Fig.40).

Le temps orthodontique fait suite au temps chirurgical. Avant de débuter la distalisation, les phases d'alignement et de nivellation doivent être terminées. La **traction** orthodontique est généralement appliquée **3 semaines après** la pose du dispositif, afin d'obtenir une bonne cicatrisation muqueuse. La **distalisation** peut être réalisée uniquement au niveau des **molaires** avec une force de **200 gf** (gramme-force) ou sur toute l'arcade pour une **rétraction en masse** avec une force de **500 gf**.

En cas d'encombrement postérieur, les auteurs conseillent l'extraction de la troisième molaire ou de la seconde molaire si l'avulsion des dents de sagesse s'avère difficile ou si la seconde molaire n'est pas conservable.

La **dépose** des mini-plaques se fait **dès que les résultats orthodontiques sont acquis**, par anesthésie générale ou locale. Parfois une **ostéointégration partielle** est notée, compliquant la dépose (59).

3.2.1.1 Technique « *Skeletal Anchorage System* » de SUGAWARA

3.2.1.1.1 Description de la technique

SUGAWARA fut l'un des premiers à préconiser l'utilisation des mini-plaques. Il a développé le système SAS (*Skeletal Anchorage System*) pour la distalisation ou la mésialisation des molaires maxillaires avec un ancrage absolu, initialement conçu pour les patients adultes (62).

Le système SAS se compose d'une plaque en titane (Fig. 39) (Orthoanchor SMAP®, Dentsply-Sankin, Tokyo) combinée à un appareil multi-attache. L'idéal pour réaliser une distalisation maxillaire serait d'utiliser une plaque en forme de « Y » insérée sur la tubérosité zygomatique et non dans le pan vestibulaire maxillaire car il n'est pas assez épais pour retenir les vis corticales (63). Il existe trois tailles de bras possibles pour le système SAS : 6,5, 9,5 et 12,5mm. Le corps de la plaque possède trois trous pour insérer les vis mono-corticales auto-taraudantes en titane pur de 2 mm de diamètre et de 5 mm de longueur. Le bras de la plaque se compose de trois crochets, permettant d'adapter la direction de traction (Fig. 39).

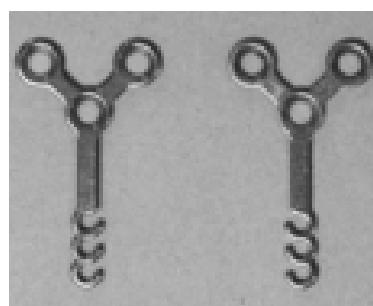


Figure 39 : Mini-plaques Orthoanchor SMAP®, Dentsply-Sankin, Tokyo du système SAS (SUGAWARA) (63)

Le SAS est un système initialement conçu pour les patients dont la **croissance est terminée**, cependant, SUGAWARA, depuis 2006, l'applique à des patients en **phase de constitution de denture adulte jeune**, c'est à dire au moment de l'éruption des secondes molaires. Dans ce cas, il conseille l'extraction des dents de sagesse afin de ne pas créer un encombrement postérieur qui pourrait conduire à la résorption radiculaire ou à la diminution du support parodontal des secondes molaires ou encore à l'ectopie des dents de sagesse. L'extraction des secondes

molaires à la place des dents de sagesse n'a été réalisée dans cette étude que dans les cas où elles n'étaient pas conservables (carie, problème endodontique ou parodontal) (60).

Les forces de traction orthodontique sont appliquées par une chainette élastomérique ou un ressort en Ni-Ti actif en traction.

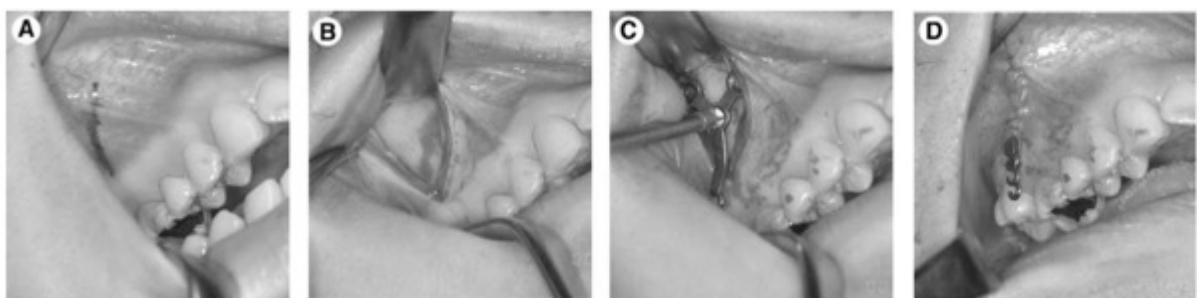


Figure 40 : Placement d'une mini-plaque maxillaire (SUGAWARA) (63)
A : incision muco-périostée, B : élévation d'un lambeau de pleine épaisseur, C : fixation de la plaque d'ancrage avec des mini-vis, D : fermeture du site chirurgical.

3.2.1.1.2 Effets

Cet appareil permet de contrôler les dents dans les **trois directions** de l'espace car le SAS est un système de **conception rigide**, donc suffisamment **résistant** pour supporter des contraintes dans différentes directions (64).

Jusqu'en 2005, à l'université de Tohoku (Japon), le système SAS a été utilisé sur 500 patients, dont 85% avec une biomécanique de distalisation et d'ingression des molaires maxillaires.

L'utilisation du SAS comme distaleur permet de traiter les encombrements dentaires importants, la vestibulo-version des incisives, les asymétries, sans extraction de prémolaires et sans coopération majeure du patient (63).

Dans une étude de 2006, SUGAWARA présente ses résultats obtenus pour 25 patients adultes (22 femmes et 3 hommes) traités par SAS pour réaliser une distalisation maxillaire. Le mouvement réalisé fut essentiellement un mouvement de

translation distal avec une **légère version** corono-distale, caractérisée par une distalisation moyenne au niveau coronaire de **3,78mm** et une distalisation moyenne au niveau radiculaire de 3,20mm. La durée moyenne du traitement totale (pas uniquement de la distalisation) fut de **18 mois**, s'étendant de 8 à 36 mois. L'étude n'a pas montré de différence significative entre les distalisations réalisées sur des patients pour qui les dents de sagesse ont été extraites par rapport aux patients pour lesquels les secondes molaires ont été extraites.

PIOTR montre, dans une revue de littérature qui compare les différents systèmes de distalisation maxillaire par ancrage osseux, que le SAS de SUGAWARA possède le plus petit taux de déplacement des molaires. L'explication pourrait être que la technique utilisée est une distalisation en masse (18).

En effet, en 2006, SUGAWARA (60) a évalué les deux types de distalisation : en une phase (recul en masse) et en deux phases (distalisation des molaires puis recul du bloc antérieur). Pour le groupe ayant eu une distalisation en deux phases, il a noté une légère perte d'ancrage des dents antérieures et la difficulté du maintien des molaires en position distale lors de la rétraction du bloc antérieur. Suite à ce constat, l'auteur conseille de réaliser une **distalisation en masse**, celle-ci permet de plus, de légèrement diminuer la durée du traitement (Fig. 41).

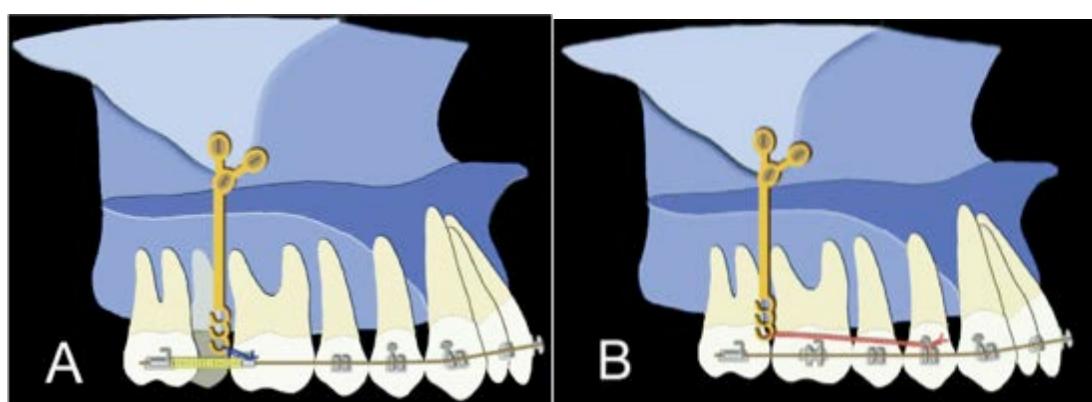


Figure 41 : Schéma des deux méthodes de distalisation (en 1 ou 2 phases) (SUGAWARA) (60)

A : distalisation molaire uniquement ; **B** : distalisation en masse.

La biomécanique des distalisations conventionnelles a tendance à aggraver l'ouverture du compas facial car elle entraîne une légère égression des dents postérieures, associée à la version distale de ces dents. L'égression des molaires maxillaires conduit à l'ouverture de l'angle du plan mandibulaire (18). Le système SAS, en permettant des mouvements dans différentes directions, autorise la distalisation des molaires mais aussi leur ingression. De ce fait, il peut être utilisé chez des **patients hyperdivergents** (60). Dans l'étude de SUGAWARA, 10 des 25 patients étaient hyperdivergents.

Les valeurs moyennes d'**ingression des molaires maxillaires** par le système SAS, retrouvées dans la littérature, sont d'environ **2 mm** (pour des molaires sur arcade, n'ayant pas subi d'égression par perte de leur antagoniste).

SUGAWARA propose le SAS pour traiter les patients hyperdivergents, il réalise les ingestions des molaires maxillaires et mandibulaires afin d'obtenir une fermeture du schéma facial. Il obtient une ingression de la molaire maxillaire de 2,3 mm (SD = 2 ; p < 0,05). L'ingression des molaires maxillaires et mandibulaires permet une **fermeture de l'angle du plan mandibulaire de 3,3°** (65).

MEDEIROS DE OLIVEIRA confirme l'étude de SUGAWARA et montre dans son étude de 2014 qu'il obtient en moyenne une intrusion des dents postérieures maxillaires de 2,03 +/- 0,87 mm (p < 0,01) avec 450 gf ce qui conduit à un mouvement anti-horaire de rotation mandibulaire de 1,57° (p = 0,02) et à une rotation horaire du plan d'occlusion de 4,27 +/- 2,66° (p = 0,01) (66).

3.2.1.1.3 Avantages

Le matériau de confection des plaques et des vis en **titane pur** assure la stabilité et la sécurité. Sécurité, car le titane est un élément **biocompatible** et permet une bonne ostéointégration. Dans son étude sur 500 patients, SUGAWARA a noté **10% d'infection** de grade léger à moyen. Les infections, dites légères, furent contrôlées par la prescription de bain de bouche antiseptique et conseils d'hygiène (brossage) et celles de gravité « moyenne » par prescription d'antibiotique. Chez **1%** des patients, la conséquence de l'infection fut la **perte** de la mini-plaque (63).

Le fait d'utiliser une plaque maintenue par 3 vis corticales est aussi un avantage pour sa **stabilité**. Un ancrage doit être suffisamment large et long afin d'assurer un ancrage maximum. L'avantage des mini-plaques réside dans la **multiplication des points d'ancrage** : trois vis corticales pour le SAS, ce qui permet de diminuer la longueur des vis. Trois vis corticales de 5 mm de long permettent d'assurer un ancrage suffisant et présentent moins de risque de léser une racine dentaire. Selon certains auteurs l'emploi de **vis corticales** répond totalement aux impératifs d'ancrage car l'os cortical est beaucoup **plus dense** que l'os spongieux, il assurerait donc une meilleure stabilité (64).

La position du système **ne gène ni l'occlusion, ni les mouvements dentaires**. En effet, la tête de la plaque est exposée en vestibulaire, elle ne perturbe donc pas l'occlusion. Les vis d'ancrage de la plaque, situées au niveau du pilier zygomatique, sont à **distance des racines dentaires**, ainsi elles ne présentent pas un risque de contact lors des déplacements dentaires, d'autant plus que les vis corticales sont courtes = 5 mm de longueur. Les systèmes de mini-plaque zygomatique ont l'avantage d'éviter de replacer les mini-vis au cours des phases de distalisation de la denture (67). Cette **localisation** est d'autant plus intéressante que la partie latérale du procès alvéolaire maxillaire est souvent trop fine pour la pose de mini-vis alors que la tubérosité zygomatique est **quasiment toujours adéquate** (68).

Le **recul en masse** est désormais majoritairement utilisé par l'équipe de SUGAWARA pour trois raisons : le système est assez **rigide** pour résister aux forces de **500 gf** nécessaires à la distalisation en masse, ils observent une **diminution du temps de traitement** par rapport à la technique en deux temps, cela **minore** les problèmes de **perte d'ancrage** (63).

Pour l'auteur, au delà de la capacité de distalisation de l'appareil, son grand avantage est le **contrôle ou la modification du plan d'occlusion** grâce au contrôle vertical qu'il autorise sur les molaires (62). En effet, les mécaniques de distalisation classiques, ne permettent de réaliser des distalisations que dans des conditions particulières : patient hypo ou mésofacial, au contraire du SAS qui distale les molaires

tout en contrôlant les autres sens. Ce dispositif est donc indiqué même pour les patients hyperdivergents (60).

Comme tous les systèmes d'ancrage osseux, le SAS met **peu** en jeu la **coopération** du patient, il permet ainsi de réaliser un traitement dont les effets sont prévisibles car peu dépendants de la motivation du patient (62).

SUGAWARA note dans sa pratique quotidienne une **augmentation des cas sans extraction** ainsi qu'une **diminution des cas traités avec chirurgie orthognathique**, puisque le système SAS semble répondre à des situations biomécaniques plus complexes que ce que les traitements d'orthodontie permettaient jusqu'à présent, grâce à sa capacité d'ancrage augmentée (63).

3.2.1.1.4 Inconvénients

Le titane qui constitue la plaque et les vis corticales, entraîne parfois l'**ostéointégration** du dispositif ce qui **complique sa dépose** (Fig. 42).

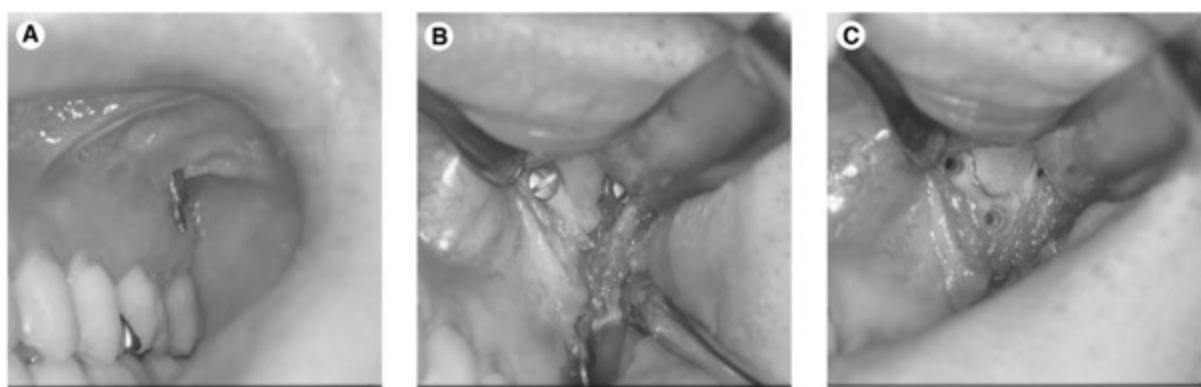


Figure 42 : Retrait d'une mini-plaque maxillaire (63)
A : site chirurgical avant incision des tissus mous ; B : élévation du lambeau en pleine épaisseur ; C : retrait de la mini-plaque de la surface osseuse. Notez le développement osseux qui s'est produit autour de la plaque.

Les complications lors de la pose de ce dispositif sont les **oedèmes** et les **infections**. Les oedèmes, d'une gravité légère à modérée, durent quelques jours après

la chirurgie. Moins de 10% des mini-plaques ont présenté des infections, majoritairement contrôlées avec des conseils d'hygiène. Dans les cas majeurs, l'infection a conduit à la perte de la plaque (1% des cas traités à l'université de Tohoku jusqu'en 2005) (63).

Les autres complications possibles sont la **fracture de la plaque** et la **déhiscence muqueuse** autour de la plaque, ces 2 complications ne sont pas survenues sur le pool de 500 patients traités jusqu'en 2005 (63).

KOOK met en évidence deux inconvénients à cette technique : la **difficulté de cette chirurgie**, qui doit être réalisée par des praticiens expérimentés, ainsi que le **délai nécessaire avant la mise en place des tractions** orthodontiques : 3 semaines (69).

VEZIROGLU, dans son essai comparatif non randomisé de 2008, évalue les propriétés mécaniques des mini-plaques. A partir de modèles en 3D de la région postérieure maxillaire et de la tubérosité maxillaire, il étudie la distribution d'une force orthodontique de 200g sur la mini-plaque, les vis et l'os zygomatique. Il a déterminé, par le test Von Mises, que le maximum de stress s'accumule où l'os a été fileté et sur la vis située le plus occlusalement, donc la plus proche du point d'application de la force, et ceci dans tous les modèles 3D réalisés (61).

3.2.1.2 Technique « *Bollard* » de DE CLERCK

3.2.1.2.1 Description de la technique

L'ancrage osseux « *Bollard* » mis au point par **DE CLERCK** est composé d'une mini-plaque (M), en **titane pur** de 0,7mm d'épaisseur, avec 3 trous pour la plaque maxillaire, pour insérer les **vis mono-corticales autoforantes**. Celles-ci ne sont ni mordancées, ni sablées et leur longueur est de 5 ou 7 mm par 2 mm de diamètre. L'emploi de la vis de 7 mm n'est utilisé que pour le trou situé le plus haut au niveau du pilier zygomatique.

Le corps de la plaque (C) est de **section ronde** de 1,4 mm, ce qui, selon l'auteur, permet de minimiser le risque d'infection locale grâce à la **réorganisation des fibres** gingivales autour de cette section lors du passage de la plaque à travers la muqueuse.

La tête de la mini-plaque est composée d'un dispositif de fixation à l'appareil orthodontique (F) et d'une vis de blocage (S), destinée à recevoir un arc auxiliaire (de 0,045 inch de section ronde ou 0,032 inch de section rectangulaire) permettant la connexion à l'appareil orthodontique (Fig. 43).

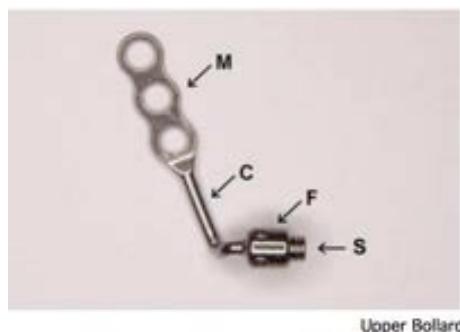


Figure 43 : Plaque Bollard maxillaire (DE CLERK) (70)

Pour l'incision chirurgicale, l'auteur conseille une incision en « L », située à 1 cm en mésial du cintre zygomatique, le « L » étant ouvert postérieurement. L'incision horizontale doit être 2 mm plus occlusale que la ligne de jonction mucco-gingival. Puis la plaque en titane est façonnée pour obtenir un bon contact avec l'os et elle est positionnée de telle sorte que la barre de connexion émerge au niveau de l'angle du « L » d'incision (59).

De la même façon que SUGAWARA, DE CLERCK a **initialement** réalisé des distalisations en **2 phases** : distalisation molaire puis rétraction du bloc antérieur. Les premières et secondes molaires sont appareillées ainsi que le secteur antérieur de canine à canine. Une fois les phases d'alignement et de nivellation terminées et la mini-plaque en place depuis **plus de 3 semaines**, un **ressort plein** est positionné sur un arc acier de section 0,016 inch, entre le boîtier de la première molaire et un **crochet coulissant** placé en distal des canines. Ce dernier est tracté postérieurement par un **élastique** le reliant au « bollard ». L'arcade inférieure n'est pas appareillée au début du traitement (Fig. 44).



Figure 44 : Distalisation molaire avec ancrage osseux sur Bollard. (DE CLERCK) (71)
Un élastique est placé entre la mini-plaque et un crochet coulissant, comprimant un ressort fermé. Au début du traitement, un collage partiel des brackets est réalisé, chaque solution biomécanique peut varier d'un patient à l'autre.

Désormais, DE CLERCK préfère réaliser une **distalisation des molaires et des prémolaires combinées**. Il appareille les molaires et les prémolaires ainsi que les incisives mais laisse libre les canines, il ligature fermement les ailes distales des brackets des prémolaires afin d'éviter les effets parasites de rotation. Puis de la même façon que précédemment, un **ressort plein** est placé entre le boîtier de la première prémolaire et un **crochet coulissant**, ce dernier étant relié au « bollard » par **ressort en traction** (Fig. 45).



Figure 45 : Distalisation en masse avec ancrage osseux sur Bollard (DE CLERK) (70)

3.2.1.2.2 Effets

L'étude publiée par DE CLERCK en 2007 dans *l'American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, évalue les effets de la distalisation maxillaire par mini-plaque de type « bollard » chez des **adultes**. L'étude compare les modèles numériques avant et après distalisation, effectuée à l'aide d'un coil plein entre la première molaire et un crochet coulissant avec une **force de 150g**, sur 17 patients (15 femmes et 2 hommes) agés de 17 à 45 ans. Les modèles numériques sont superposés en deux points : une première fois sur les premières molaires et une seconde sur les canines. Les **molaires** ont été distalées en classe I hypercorrigée chez tous les patients, avec une **distalisation moyenne de = 3,3 mm +/- 1,8** (de 0,3 à 7,8mm) ($P \leq 0,012$), obtenue en **7 mois +/- 2 mois** (s'étalant de 3,2 à 9,9 mois).

Les prémolaires ont aussi été distalées de 1,4mm +/-1,2mm, bien qu'elles n'aient pas été appareillées, grâce à l'étirement des fibres trans-septales.

La **friction générée par la distalisation** des molaires à l'interface tube/arc entraîne une distalisation des canines et des incisives, **réduisant le surplomb** jusqu'à ce qu'un contact avec les incisives inférieures soit obtenu (70).

Aucune perte d'ancrage des dents postérieures n'a été mesurée lors de la rétraction du bloc antérieur.

Une **augmentation** des distances inter-canines et inter-prémolaires est observée, ce phénomène est expliqué par le fait que le point d'application du vecteur

de force soit vestibulaire et par le déplacement des dents le long des procès alvéolaires (distance postérieure > distance antérieure).

Cette étude montre qu'il est possible de distaler les molaires maxillaires avec une mécanique sur ancrage osseux, même chez **des adultes** sans croissance dont les **secondes molaires sont en place sur l'arcade**. Une force de **150 gf** serait suffisante pour initier la rétraction en masse de l'arcade, s'il n'existe pas de contact dento-dentaire antérieur (Fig. 46, (71)).

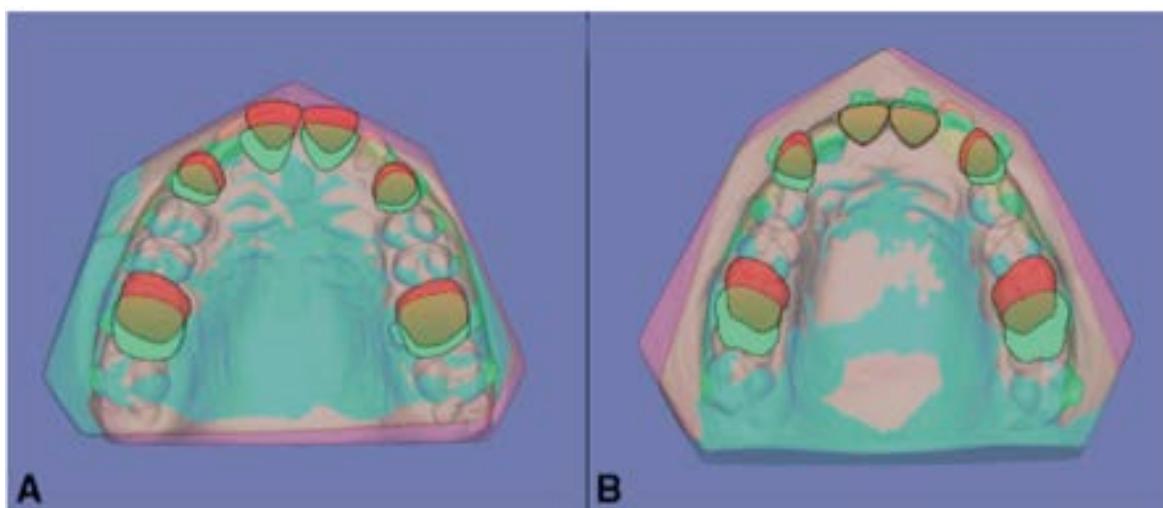


Figure 46 : Modèles numériques maxillaires avant (rouge) et après (vert) la distalisation. (71)

Noter l'expansion canine et la distalisation prémolaire. A : Réduction du surplomb grâce à l'absence de contact des incisives maxillaires et mandibulaires. B : pas de réduction du surplomb car il existe un contact entre les incisives inférieures et supérieures.

3.2.1.2.3 Avantages

Dans l'étude de DE CLERCK, les patients ont eu la possibilité de choisir leur appareil : une force extra-orale (FEO) ou le système de distalisation sur ancrage Bolland. Les patients qui ont choisi la technique avec ancrage osseux ont donc préféré subir une chirurgie pour poser les mini-plaques plutôt que de porter une FEO (71, 72). Ce point de l'étude est confirmé par une seconde étude prospective menée en 2008 (72), qui vise à évaluer le ressenti des patients et des praticiens quant à l'utilisation

des mini-plaques en orthodontie : les mini-plaques sont bien tolérées par les patients. Au cours de cette étude, 200 mini-plaques de type Bollard® (Surgitec, Bruges, Belgium) et C-tube® (KLS Martin, Umkirch, Germany) ont été posées par 30 praticiens sur 97 patients, ils ont ensuite été interrogés par questionnaire. Le **taux de succès** des mini-plaques a été de **92,5%**. Les échecs sont survenus essentiellement chez les sujets en croissance. Au bout d'un an de traitement, **72%** des patients déclarent **ne plus ressentir leurs plaques** et disent ne plus en tenir compte ; **82%** déclarent que la chirurgie s'est **mieux déroulée** que ce qu'ils avaient prévu (avec peu ou pas de douleur).

Les praticiens, même novices, trouvent que les mini-plaques simplifient les traitements orthodontiques et qu'elles permettent des traitements qui n'auraient pas été réalisables sans les ancrages squelettiques.

Il a été demandé aux 30 praticiens participants à cette étude d'évaluer la difficulté attendue pour chaque traitement si ceux-ci étaient réalisés sans ancrage osseux. Les traitements ont été jugés comme étant de « un peu » à « très difficile » si aucun ancrage osseux n'est utilisé. Les traitements ont ensuite été effectués à l'aide d'ancrages osseux. Après un an, il a été demandé à ces mêmes praticiens de réévaluer la difficulté des traitements : ils ont été reconsidérés de « très » à « modérément facile ». L'utilisation des mini-plaques et de leurs attachements est jugée de « très à modérément facile » également.

Tous les orthodontistes de l'étude disent, vouloir utiliser à nouveau les mini-plaques et ils estiment leur satisfaction à 3,8 sur 4 (72).

Même si, la chirurgie des mini-plaques est plus invasive que celle des mini-vis, les patients ressentent la pose comme un évènement relativement classique en dentisterie (Fig. 47, (72)).

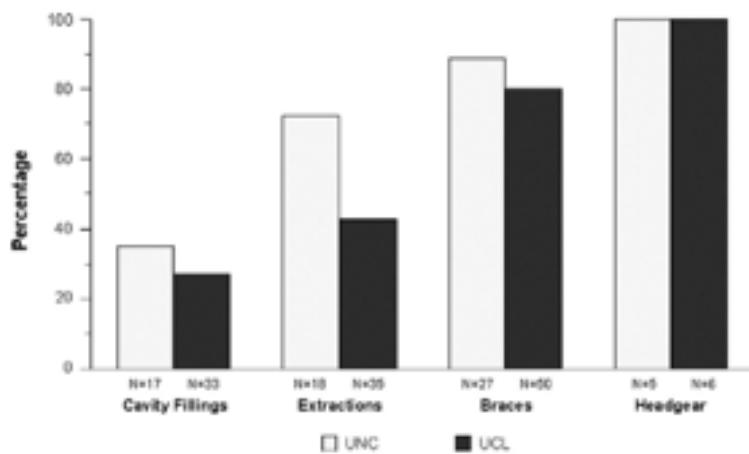


Fig 5. Percentage of patients indicating TSAD better than other previously experienced dental procedures.

Figure 47 : Comparaison des différentes procédures dentaires par les patients (CORNELIS) (72)

Pourcentage des patients pour chaque centre (UNC = University of North Carolina ; UCL = Université catholique de Louvain), qui ont jugé préférable la procédure des dispositifs d'ancre temporaire osseux (TSAD) que les autres procédures dentaires (extraction, restauration de cavité, pose de bagues et de force extra-orale).

L'ancre temporaire osseux, permis par le système Bollard, accorde un contrôle plus global sur la thérapeutique en sollicitant moins la coopération du patient et rend **plus prédictible** les résultats du traitement (70).

3.2.1.2.4 Inconvénients et complications

Dans l'étude de CORNELIS sur 17 patients adultes, aucun signe d'infection, ni de mobilité n'a été mis en évidence (71).

Les problèmes les plus fréquents sont survenus en post-chirurgie : **oedèmes** post-chirurgicaux, durant en moyenne 5 jours et des **irritations** des joues qui diminuent avec le temps, chez plus d'un tiers des patients (72). La limitation d'ouverture buccale concerne 17% des patients en post-chirurgie, elles sont totalement résolues au bout de 6 mois et restent stable à 1 an. Les **difficultés de nettoyage** de la mini-plaque concernent 15% des patients et se maintiennent

pendant 1 an. Il a été demandé au patient de ne pas toucher le système avec leur langue , cependant plus d'un tiers des patients présente cette habitude et la garde (72).

Si la distalisation n'a lieu dans un premier temps que sur les molaires, nous notons une **rotation mésio-vestibulaire** des premières molaires maxillaires qui serait due à l'utilisation d'un arc de faible section : 0,016 inch et par le fait que les prémolaires ne sont pas prises en charge.

Dorénavant, l'équipe de DE CLERCK préfère **distaler les molaires et les prémolaires** simultanément. Afin de minimiser les effets parasites, notamment les rotations, il faut veiller à ligaturer les plots distaux des brackets des prémolaires ou à utiliser des brackets autoligaturants (72).

Comme les canines ne sont pas prises en charge, le bras de levier créé génère une ingression des incisives. Cet effet peut être recherché en cas de supraclusion, ce qui est souvent le cas dans les classes II. Un arc auxiliaire d'ingression peut même être utilisé si la supraclusion est très importante (Fig. 48).



Figure 48 : Photo du système de distalisation Bollard associé à un arc auxiliaire d'ingression (DE CLERK) (70)

Pour les détracteurs des systèmes par mini-plaque, leurs inconvénients majeurs sont **les temps chirurgicaux** nécessaires à la **pose et à la dépose des ancrages** (18, 43).

3.2.1.3 Technique « Zygoma-Gear Appliance » de NUR

3.2.1.3.1 Description de la technique

Le « *Zygoma-Gear Appliance* » (ZGA), conçu par **NUR** en 2010, est l'appareil de distalisation des molaires à ancrage osseux qui se rapproche le plus de la **conception d'une force extra-orale**. Il est composé de mini-plaques de titane (Multi Purpose Anchor MPI 1000, Tasarim Med, Istanbul, Turquie) placées au niveau des procès zygomatiques. Ces plaques possèdent trois trous, reliés à une barre ronde. Elles sont fixées par trois vis en titane pur, de 2 mm de diamètre par 5 mm de longueur, au niveau du pilier zygomatique, après anesthésie locale et dégagement d'un lambeau au niveau des premières molaires maxillaires (Fig. 49).

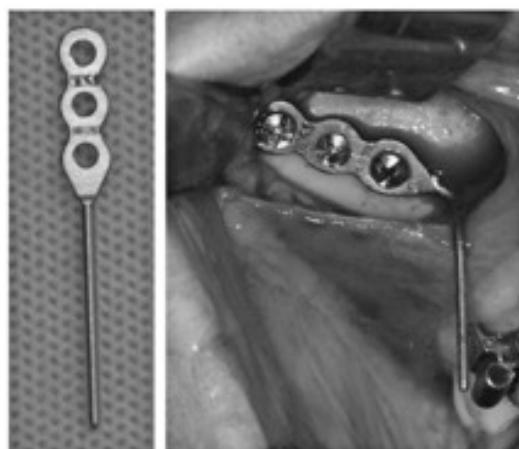


Figure 49 : Mini-plaque en titane du système ZGA et vue opératoire (NUR) (21)

La technique chirurgicale utilisée est la même que celle décrite pour l'intervention du « *SAS* » de SUGAWARA.

Une fois que la mini-plaque est positionnée, l'extrémité libre de la barre ronde est recourbée vers l'arrière. L'arcade maxillaire n'est pas appareillée par multi-attache, seules les premières molaires sont baguées. Un **arc interne, comme un arc de FEO** modifié, relie les premières molaires baguées. Des boucles en « U » sont placées en avant des molaires permettant le réglage de l'arc. Deux crochets sont soudés au niveau des incisives latérales, l'arc est placé à 3mm des dents antérieures (Fig. 50).

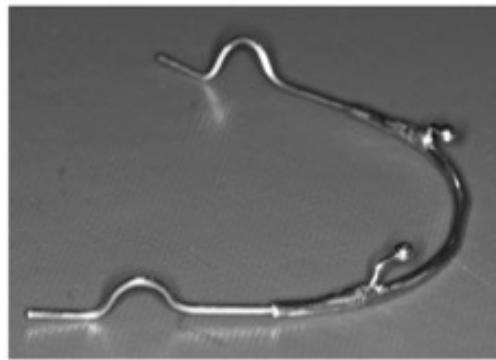


Figure 50 : Arc interne du système ZGA (NUR) (21)

Trois semaines après la chirurgie, une force de **300 gf** est appliquée **par côté** par des **ressorts en NiTi**, placés de la mini-plaque au crochet soudé sur l'arc interne, réactivés si nécessaire par intervalle de 4 semaines. Le système est maintenu en place lors de la rétraction du bloc antérieur (Fig. 51).

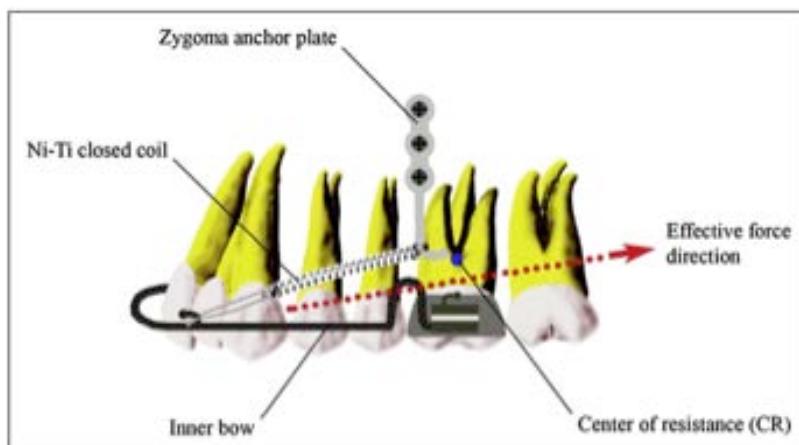


Figure 51 : Schéma des composants du ZGA (KILKIS) (73)

3.2.1.3.2 Effets

NUR, dans son étude clinique prospective de 2012 sur 15 patients âgés de 15.87 ans +/- 1.09, dont les 2nd molaires sont toutes en place, obtient une **distalisation** molaire moyenne de **4.37 mm +/- 2.15 mm (P≤0.001)**, en **5.21 mois +/- 0.96 mois**.

Le taux de distalisation est de 0,84mm/mois, avec un effet de **disto-version** des premières molaires de **3.30° +/- 2.31°** ($P \leq 0.05$).

Aucun ancrage n'a été perdu, il note au contraire une diminution du surplomb de 0,5mm.

L'étude ne montre pas de différence significative entre les sexes, ni selon l'âge au début du traitement, ni de différence significative sur les déterminants osseux, ni sur les déterminants des tissus mous entre T1 et T2 (avant et après la distalisation).

L'indice de WITS est diminué de 1mm ($P \leq 0.05$), cela pourrait être dû à la disto-version engendrée sur les molaires, car l'indice de WITS se rapporte au plan d'occlusion.

Les mesures verticales n'ont pas été augmentées lors de ce traitement, il note au contraire une **ingression molaire de 0,50mm** (21).

3.2.1.3.3 Avantages

ISHIDA dans un rapport de cas publié en 2013, met en évidence l'avantage de ces systèmes par mini-plaques au cours d'une **distalisation asymétrique maxillaire**. La difficulté de ces cas asymétriques est la complexité de fabrication d'un appareil qui engendre des forces asymétriques. L'auteur a utilisé une technique équivalente à celle de la technique en deux temps de SUGAWARA (recul molaire réalisé en premier), pour lui, cette technique est prometteuse car elle permet une facilité de réalisation chez les patients peu coopérants, sans besoin de replacer les vis au cours du traitement, elle est de plus esthétique et permet dans certains cas d'éviter les extractions (67).

NUR utilise également son système pour réaliser des **distalisations unilatérales**. Dans un rapport de cas chez un garçon âgé de 15 ans, il présente son système du « *zygoma-gear appliance* » utilisé de façon asymétrique. C'est à dire qu'il ne place un ressort en NiTi que du côté de la distalisation. Il obtient une bonne distalisation molaire, avec un faible effet de version distal car l'application de la force est proche du centre de résistance des molaires (73).

3.2.1.3.4 Inconvénients

- Nécessite **deux** temps chirurgicaux, comme avec les systèmes de DE CLERCK et SUGAWARA.
- **Etape laboratoire** à prévoir pour la confection de l'arc interne.
- **Distalisation en masse non conseillée par NUR.** Pourtant, la majorité des auteurs utilisant les systèmes de mini-plaque semblent s'orienter vers cette stratégie afin de diminuer le temps de traitement et d'exploiter au maximum la rigidité de ces systèmes.

3.2.1.4 Evolution des mini-plaques zygomatiques pour la distalisation maxillaire

L'évolution des systèmes d'ancrage par mini-plaque zygomatique semble tendre vers des procédures de moins en moins invasives, puisque c'est le principale reproche qui leur est fait. Une nouvelle plaque a été développée par CHUNG, le **C-tube®**. C'est une mini-plaque en titane pur avec un tube de 0,036 inch de diamètre. Produite sous deux formes : « L » (2 vis) et « en croix » (4 vis), qui sont auto-forantes (KLS Martin®, Tuttlingen, Germany, Jin Biomed Co., Bucheon, Korea) (Fig. 52).



Figure 52 : Design de la mini-plaque C-tube (CHUNG) (74)

La forme en croix est utilisée pour les distalisations maxillaires ou lorsque le sinus présente une pneumatisation importante. Les minivis de fixation sont très courtes pour rentrer juste dans la corticale (4mm de long), par contre il faut augmenter leur nombre pour avoir un ancrage suffisant.

Ce système a l'avantage d'éviter les dommages radiculaires par l'emploi de vis courtes, d'éviter d'appareiller les dents postérieures, de réaliser des tractions avec une chainette élastomérique. Il peut être utilisé avec un multi-attache lingual s'il est inséré en palatin et l'arc orthodontique peut s'insérer dans le tube du C-tube® (Fig.53).



Figure 53 : Photo d'un modèle d'arcade avec C-tube positionné sur la zone rétro-prémolaire palatine (74)

La chirurgie est moins invasive car la **zone de dissection est plus restreinte** par rapport aux placements dans la tubérosité maxillaire et, parce que le **système est plus petit** que le SAS®. Le système est fait en titane pur donc facile à adapter à la surface osseuse.

Les auteurs de cette étude sont orthodontistes, ils ont placé eux-mêmes les C-Tubes. Ceci est pour eux une preuve de la **facilité d'utilisation des C-tubes : qu'ils jugent plus simple que les mini-plaques conventionnelles mais plus complexe que les mini-vis** (74).

3.2.2 Systèmes utilisant des mini-vis zygomatiques enfouies

Peu d'articles, concernant les mini-vis zygomatiques utilisées pour la distalisation des molaires, ont été trouvés lors de l'étude de la littérature.

CHILLES propose un système utilisant des **mini-vis corticales courtes enfouies** (5 mm de long par 2 mm de large) (Fig. 55), qui maintiennent un fil en titane-molybdène ou en acier. Ce dernier passe à travers la muqueuse pour servir d'ancrage au niveau de l'appareil orthodontique. Pour la distalisation, la mécanique utilisée est celle d'un **ancrage indirect** des prémolaires qui servent d'appui à un ressort de distalisation. La distalisation peut être réalisée en une phase ou dent par dent.

Ces vis mono-corticales sont **auto-forantes et auto-taraudantes**, contrairement aux vis d'ostéosynthèse qui nécessitent, elles, un avant-trou au foret (Fig. 54, (75)).



Figure 54 : Système de distalisation des molaires maxillaires par ancrage indirect à partir d'une mini-vis corticale enfouie (75)

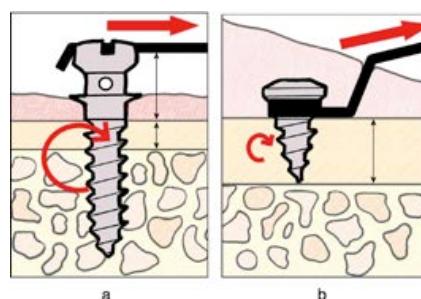


Figure 55 : Schéma de biomécanique d'une force appliquée à une mini-vis conventionnelle et à une vis corticale (75)

Contrairement à une mini-vis trans-gingivale (a), la mini-vis corticale courte enfouie est soumise à un moment réduit et, est proportionnellement plus située dans l'os cortical (b).

Une autre technique est proposée par l'équipe de **EL-DAWLATLY** pour cette localisation mais avec un autre type de vis. Dans un essai clinique non randomisé réalisé de 2014 (76), sur 20 filles en période de croissance (âgées de 10 à 12 ans), présentant une classe II dentaire et squelettique, un recouvrement augmenté et un angle du plan mandibulaire normal ou légèrement diminué.

La procédure chirurgicale fut réalisée sous anesthésie locale par une courte incision vestibulaire à 3-5mm au dessus de la ligne de jonction muco-gingivale en regard des premières molaires, puis par décollement en pleine épaisseur pour exposer la partie inférieure du procès zygomatique du maxillaire.

Le site d'insertion est la zone oblique présente entre le rebord horizontal et vertical de la tubérosité zygomatique juste au dessus des premières molaires, à 14-16mm au dessus du plan d'occlusion et à 55-70° par rapport à ce dernier.

L'insertion de la vis auto-forante à surface traitée (mordancée et sablée) de 9 mm long et de 1.8 mm de diamètre est ensuite réalisée (OsteoCare® Implant System, London, United Kingdom). Une ligature en métal est passée dans la tête de la vis, toronnée et fixée temporairement au tube des premières molaires, puis le lambeau est repositionné et suturé (Fig. 56).



Figure 56 : Vues opératoires d'une insertion et mise en place du système de distalisation sur vis corticale enfouie (EL-DAWLATLY) (76)
à gauche : insertion de la mini-vis ; à droite : vue latérale du système.

La **mise en charge** des implants a lieu à **3 mois** afin qu'une **ostéo-intégration partielle** ait lieu. En attendant, les patientes sont appareillées par multi-attache vestibulaire maxillaire et l'alignement / nivellation sont réalisés.

A la fin des 3 mois d'alignement/nivellement, un **jig en acier** de 0,019 x 0,025 pouce a été placée à 4mm en mésial des canines et au contact du tube des premières molaires. Un **ressort de traction en NiTi** (9mm) est appliqué entre la ligature sortant de la vis et la branche mésiale du jig, produisant une force de **300 gm par côté**. Les mini-vis sont utilisées ici comme **ancre direct**.

3.2.2.1 Effets

Les résultats sont comparés entre les 2 groupes (groupe traité et groupe contrôle non traité).

Le groupe traité présente des résultats significatifs de rétrusion du point A, **rotation anti-horaire du plan maxillaire** et une **distalisation molaire de 2,92 mm +/- 0,69mm, sans égression, ni tipping ou rotation** vestibulaire. Une **intrusion incisive maxillaire de 1,89 mm +/-0,84mm** est aussi notée, sans changement d'inclinaison ; l'angle du plan mandibulaire n'est pas modifié.

On note l'amélioration du sourire.

3.2.2.2 Avantages

Les superpositions 3D, réalisées à partir de CBCT, montrent que l'os de la tubérosité maxillaire continue sa croissance, au contraire de la zone prémaxillaire dont la croissance est fortement ralentie.

Pour l'auteur, cette technique est **plus simple** que la pose des mini-plaques dans cette même zone car l'intervention pour les mini-plaques est très technique, la durée d'intervention est plus longue et c'est une zone de haute sensibilité.

Le passage du foret pilote serait indispensable dans cette technique car il permettrait de réduire la densité osseuse et donc diminuerait le risque de fracture de la mini-vis lors de l'insertion pour la technique de EL-DAWLATLY.

Au contraire, dans la technique de CHILLES, l'utilisation du foret pilote est inutile car les vis corticales sont auto-forantes et auto-taraudantes, ce qui rend l'acte chirurgical encore plus accessible (75).

3.2.2.3 Inconvénients

- Expression d'**inconfort** de la part des patients, due à la présence du ressort dans le vestibule.
- **Irritation** de la muqueuse en regard de la ligature métallique qui relie la mini-vis au ressort.
- Perte d'un implant sur les 20 utilisés dans l'étude, dû à une mauvaise hygiène.
- Risque augmenté de perforation sinusale pour la technique de EL-DAWLATLY

Système de distalisation par ancrage zygomatique :

1) mini-plaques (SUGAWARA, DE CLERK, NUR)

Avantages : - à distance du système dentaire

- gestion de l'arcade en 3D (ingression molaire possible)*
- ne nécessite pas d'étape laboratoire (sauf système de NUR)*

Inconvénients : chirurgies invasives (pose et dépose du système)

2) mini-vis enfouies

Avantages : - chirurgie plus courte et simple que la pose des mini-plaques

- à distance des racines dentaires*

Inconvénients : - inconfort, irritation du patient

- instabilité*

3.3 Ancrage squelettique alvéolaire

3.3.1 Mini-vis vestibulaire

3.3.1.1 Description du site osseux vestibulaire

Le site osseux vestibulaire correspond à l'os du procès vestibulaire, il peut être **inter-radiculaire** ou être **totalement vestibulaire** par rapport aux racines dentaires.

Chez les patients dont la croissance est achevée, l'os cortical maxillaire est considéré comme fin mais **suffisamment épais** pour assurer la stabilité primaire à un ancrage orthodontique, de plus c'est un site **très accessible**.

Chez les patients dont la croissance n'est pas achevée, les germes dentaires empêcheront l'installation de mini-vis dans ce secteur. En outre, chez les **adolescents** la **qualité** et la **quantité osseuse** sont relativement **faibles** (Fig. 57).

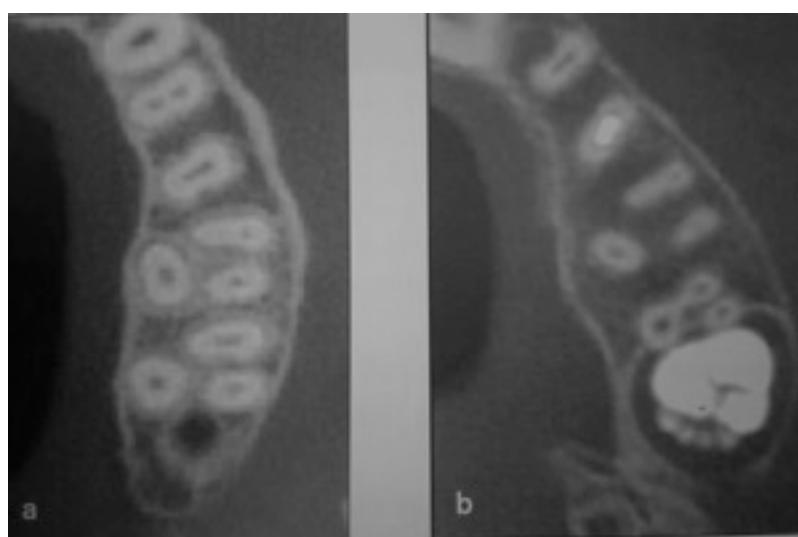


Figure 57 : Coupes de scanner d'un procès alvéolaire (LEE) (22)
a : os d'un patient adulte, b : os d'un patient de moins de 15 ans. L'image en coupe montre la plus faible épaisseur de l'os cortical de l'adolescent.

Le secteur à privilégier se situe **entre seconde prémolaire et première molaire** car il est le plus accessible selon LEE (22) et car l'os y est d'une qualité légèrement meilleure.

3.3.1.2 Présentation des différentes techniques avec mini-vis vestibulaires

3.3.1.2.1 Description générale

Le site le plus fréquemment utilisé, dans les essais cliniques, est **entre la 2nd prémolaire et la 1^{ère} molaire**, le second site est **entre la 1^{ère} et 2nd prémolaire** en vestibulaire. Le **diamètre le plus faible** du mini-implant généralement retenu est de **1,3 mm** pour une longueur de **7-8mm**.

Une approche indirecte avec des contre-angles est recommandée entre les 1^{ère} et 2nd molaires en raison de la forte tonicité musculaire.

Pour distaler une molaire, l'insertion doit être située **1 à 2 mm en distal de la ligne médiane** imaginaire entre les deux dents, afin d'avoir suffisamment d'espace entre les racines dentaires et la mini-vis, pour déplacer les dents avant d'obtenir un contact racine/vis (Fig. 58).

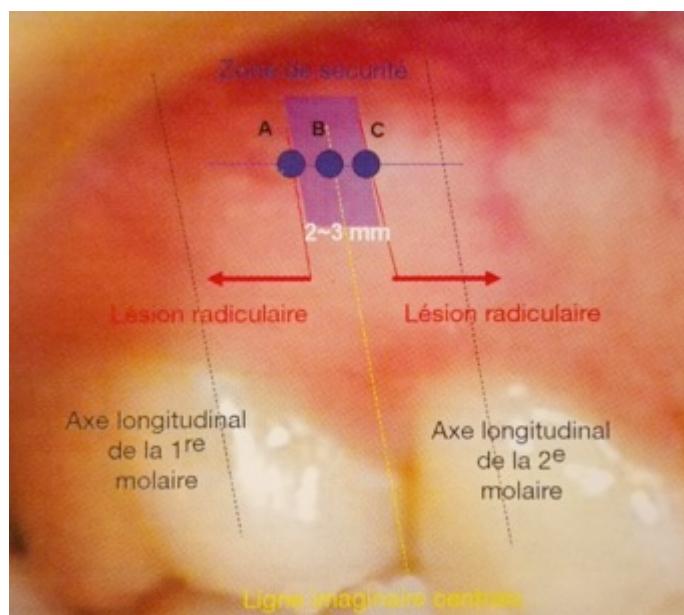


Figure 58 : Zone d'insertion d'une mini-vis vestibulaire entre 2nd prémolaire et 1^{ère} molaire (LEE) (22)

L'angle d'insertion doit être de **30 à 45° par rapport au plan d'occlusion**, ce qui permet de diminuer les risques de lésions radiculaires et d'obtenir un espace maximal.

Lors d'implantation dans le versant alvéolaire vestibulaire maxillaire, des précautions devront être prise pour éviter la lésion des **racines dentaires** mais aussi des **sinus maxillaires**.

Pour LEE, la **force de distalisation** appliquée sur une vis ne devra **pas dépasser 150g** et devra être **continue** : il conseille d'utiliser des **ressorts NiTi** plutôt que des **chainettes élastomériques**.

Deux techniques sont développées dans les différentes études :

- Recul en un seul temps (sans déplacement du mini-implant). La distalisation sera de **3 mm maximum**.

Le recul molaire doit se faire sur un **arc rigide**, selon ELLOUZE : un arc acier de $0,019 \times 0,025$ inch dans une gorge de 0,022. Afin de limiter la disto-version des 1^{ères} molaires, il est recommandé d'attendre l'évolution des **2nd molaires**, elles seront à **appareiller** afin de leur éviter un effet parasite de vestibulo-version (Fig. 59). La vis est utilisée ici comme **ancrage directe**.

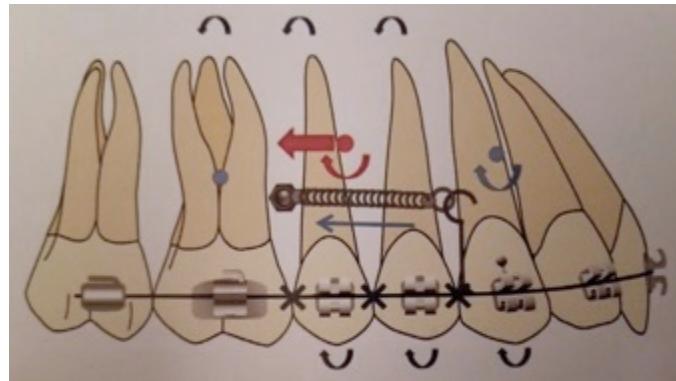


Figure 59 : Biomécanique de la distalisation en masse sur mini-vis vestibulaire (ELLOUZE et DARQUE) (17)

La résistance des points de contact reporte sur les apex la force motrice permettant un recul radiculaire.

- Recul en 2 temps : doit être utilisé **si le recul nécessaire excède 3mm**, donc pour les classes II dentaire de plus de 2mm. Après une première phase de distalisation et obtention d'un contact racine/vis, le **mini-implant devra être déplacé** plus distalement dans le même espace ou dans un espace plus distal pour réaliser le recul prémolaire et incisivo-canin (Fig. 60).

Le recul simultané des 1^{ères} et 2nd molaires est réalisé par un ressort comprimé situé en mésial des 1^{ères} molaires, la 2nd prémolaire n'est pas appareillée afin de bloquer le ressort en distal de la 1^{ère} prémolaire. Une distalisation spontanée de la 2nd prémolaire est notée grâce à l'étirement des fibres trans-septales. L'action distalante du ressort entraîne une force mésialante, éliminée par la ligature en métal qui relie la potence à la mini-vis qui est utilisée ici comme **ancre indirecte**. Des **informations de compensation** doivent être incluses : tip-forward en mésial des 1^{ères} molaires, courbe de Spee en mésial des 1^{ères} molaires, expansion transversale. Une fois le recul molaire obtenu, les mini-vis sont déplacées distalement. Une force distalante est appliquée sur le bloc antérieur (élastomère ou ressort) alors que la mésialisation molaire est bloquée par des stops en mésial des 1^{ères} molaires sur l'arc.

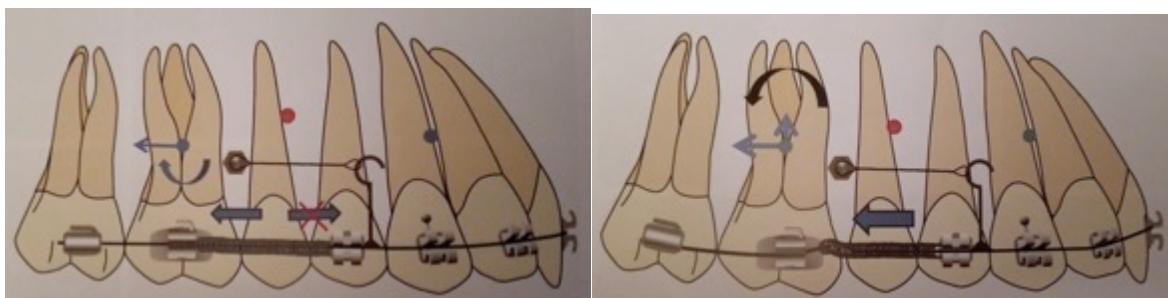


Figure 60 : Biomécanique de la distalisation en deux temps sur mini-vis vestibulaire (ELLOUZE et DARQUE) (17)

A gauche : Un ressort comprimé délivre une force distalante sur les molaires, la réaction mésialante est éliminée grâce à la liaison mini-vis/potence.

A droite : un tip forward en mésial de la molaire réduit la disto-version.

3.3.1.2.2 Avantages

L'avantage majeur de ce secteur est son **accessibilité**.

La **gène** du patient face aux mini-vis placées en vestibulaire est **faible**.

Les tissus mous sont en quantité nécessaire et suffisante pour l'utilisation des mini-vis : **peu de bras de levier** car le **col** trans-gingival de la mini-vis peut être **court** en raison de l'épaisseur raisonnable de la gencive kératinisée. La gencive kératinisée est généralement suffisamment haute pour assurer une **application des forces proche du centre de résistance** des dents sans que la mini-vis soit placée au

delà de la ligne de jonction muco-gingivale, ce qui est très déstabilisant pour l'implant.

Les mini-implants permettent de limiter la vestibulo-version des incisives dans les phases d'alignement et niveling, s'ils sont reliés à l'arc dès ces phases.

3.3.1.2.3 Inconvénients

Trois problèmes majeurs sont associés à l'utilisation de mini-vis vestibulaires :

- le risque de **dommage radiculaire**. Les lésions irréversibles sont, cependant, rares. Le préforage de l'os cortical avec un foret manuel, permet selon LEE de quasiment éliminer ce risque (77).
- le risque de **fracture**, selon la taille de la vis choisie.
- la **difficulté des mouvements dentaires sagittaux** à cause du positionnement **inter-radiculaire** des vis. Même en suivant les règles d'insertion adaptées (= insertion décentrée et oblique entre 2nd prémolaire et 1^{ère} molaire) il ne sera pas possible de réaliser un mouvement supérieur à 3mm (77) (Fig. 61, 62 et 63).



Figure 61 : Radiographies rétro-alvéolaire d'une mini-vis inter-radiculaire (ELLOUZE et DARQUE) (17)
à gauche : lors de la pose de la vis ; à droite : à la fin de la distalisation.



Figure 62 : Coupe horizontale d'un scanner maxillaire (LEE) (22)
Il est préférable d'utiliser la zone du versant vestibulaire plutôt que l'espace interdentaire entre 5 et 6 étant donné que l'espace vestibulaire (flèche bleue) et plus important que l'espace inter-radiculaire (flèche rouge).

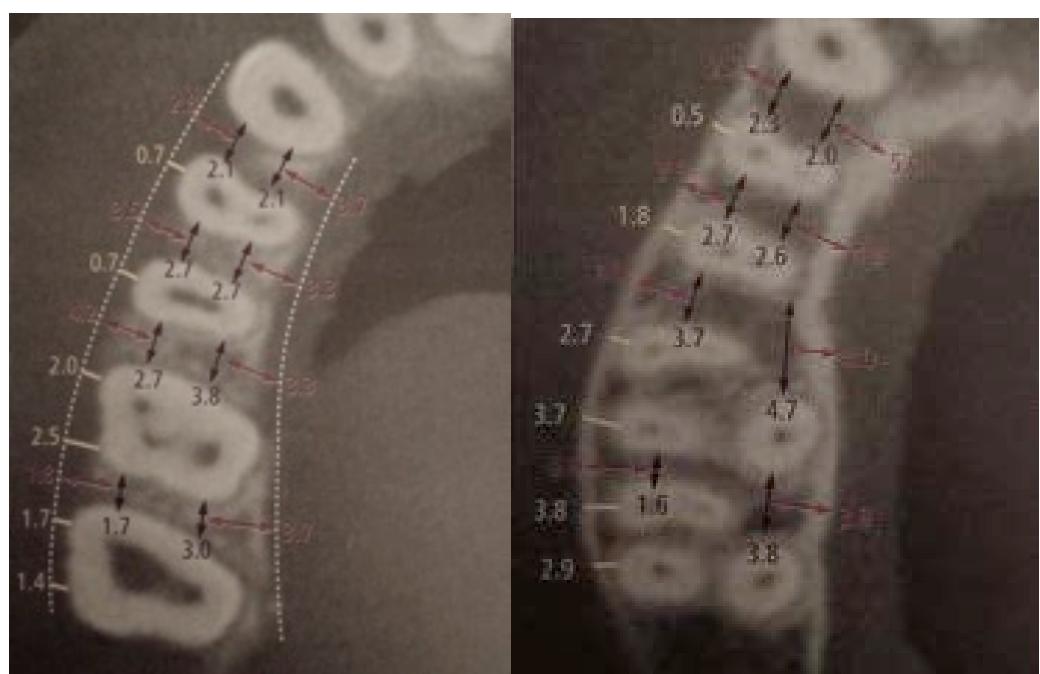


Figure 63 : Coupe horizontale d'un scanner maxillaire à différent niveau (LEE) (22)
À gauche : espace en mm entre les dents maxillaires 4 mm au dessus de la jonction amélo-cémentaire, à droite : à 8 mm au dessus de la JAC.

- l'impossibilité d'utiliser ce site d'insertion chez les patients en phase de changement de denture. Selon LEE, malgré l'absence d'études sur les éventuelles lésions de germes dentaires par des mini-vis, une approche conservatrice est conseillée. Les **secteurs présentant des germes dentaires en évolution** devront donc être **évités**.
- le faible taux de réussite chez les **patients de moins de 15 ans**, par manque de stabilité dû à la moindre qualité et quantité osseuse.
- la création **d'effets biomécaniques parasites** : effet d'ingression des secteurs prémolaires-molaires, distoversion, contraction transversale, infraclusion postérieure, aggravation de la supraclusion (Fig. 64).

Ces effets parasites peuvent être diminués en choisissant :

- le point d'émergence de la mini-vis,
- l'utilisation d'arc rigide,
- l'utilisation de potence ou boucles sur l'arc afin de se situer plus proche du centre de résistance de l'arcade,
- des activations modérées sur les mini-implants (150g en moyenne),
- des réactivations espacées,
- l'absence de tip-back molaire voire l'addition de tip-forward,
- le port nocturne de tractions inter-arcades verticales postérieures (sauf chez l'hyperdivergent) (17).



Figure 64 : Effets parasites observés lors de la distalisation sur mini-vis vestibulaire (ELLOUZE et DARQUE) (17)

3.3.1.2.4 Influence du nombre de mini-vis inter-radiculaires vestibulaires sur le schéma de distalisation

L'étude clinique randomisée de BECHTOLD (78) parue en 2013 compare la quantité et le schéma de distalisation des molaires maxillaires sur des patients de classe II. Les patients ont été répartis en 2 groupes : le **premier groupe** bénéficie d'**une mini-vis** auto-taraudante vestibulaire inter-radiculaire de 7mm de long par 1,8mm de diamètre, placée entre la 2nd prémolaire et la 1^{ère} molaire. Le **second groupe** : reçoit **2 mini-vis** (équivalentes au groupe 1), une placée entre la 1^{ère} et la 2nd prémolaire et l'autre entre la 2nd prémolaire et la 1^{ère} molaire. Les vis en titane sont insérées à 45° par rapport au plan d'occlusion et sur la ligne de jonction muco-gingivale.

L'activation se fait grâce à des chainettes élastomériques, reliant la vis au crochet sur l'arc, de 200g chacune (donc pour le groupe B : 400g par côté), changées tous les 4 semaines.

Le taux de succès des vis pour le groupe A est de 87,5% ; pour le groupe B de 86,5%. Tous les échecs ont eu lieu à la fin de la distalisation, peut être à cause de la proximité radiculaire obtenue.

Une distalisation totale de l'arcade significative est réalisée dans les 2 groupes, avec une **meilleure distalisation dans le groupe B**. On ne note pas de différences significatives entre les 2 groupes sur la distalisation des incisives, ni sur le tipping des molaires et des incisives.

Pour le groupe A : la quantité de déplacement distal est corrélée au temps de traction, alors que pour le groupe B : la quantité de déplacement distal n'est pas corrélée au temps mais aux facteurs annexes comme la qualité du collage.

Deux sujets du groupe B ont nécessité un remplacement des vis pour cause de proximité radiculaire.

Le nombre et le choix de la position des implants sont déterminants pour le contrôle vertical des patients hyperdivergents. Dans le **groupe A**, on note une **rotation postérieure du plan mandibulaire** (résultats corrélés aux autres études), alors que pour le **groupe B** la **rotation est quasiment nulle**, car les 2 vecteurs de force sont plus proches du centre de résistance de l'arcade (Fig. 65).

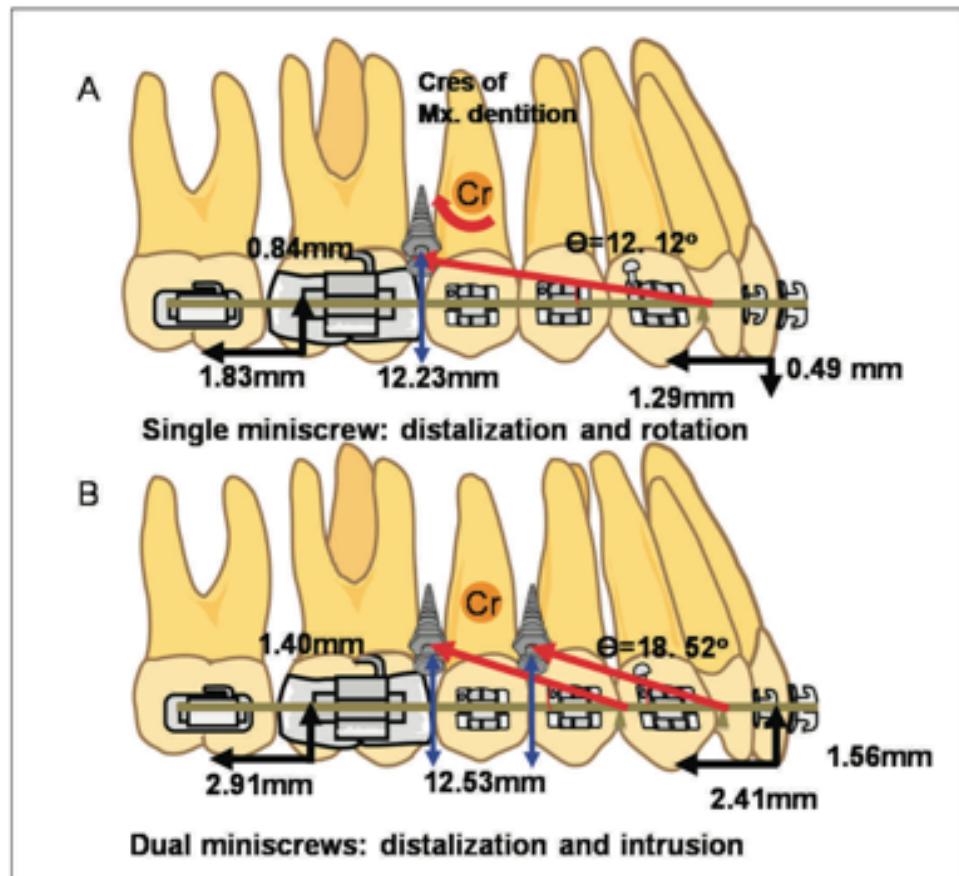


Figure 65 : Comparaison de la distalisation sur une ou deux mini-vis (BECHTOLD) (78)

3.3.2 Mini-vis vestibulaire placée verticalement

LEE propose une variante à la technique de pose généralement utilisée en vestibulaire. Il propose d'implanter les mini-vis **verticalement**. Ceci permettrait d'éviter les racines, de pouvoir réaliser des mouvements en masse **sans interférences radiculaires**. Dans son article de présentation de techniques chirurgicales, illustrées par des cas cliniques, LEE utilise des mini-vis placées verticalement dans l'os alvéolaire vestibulaire maxillaire pour traiter les classes II (Fig. 66).

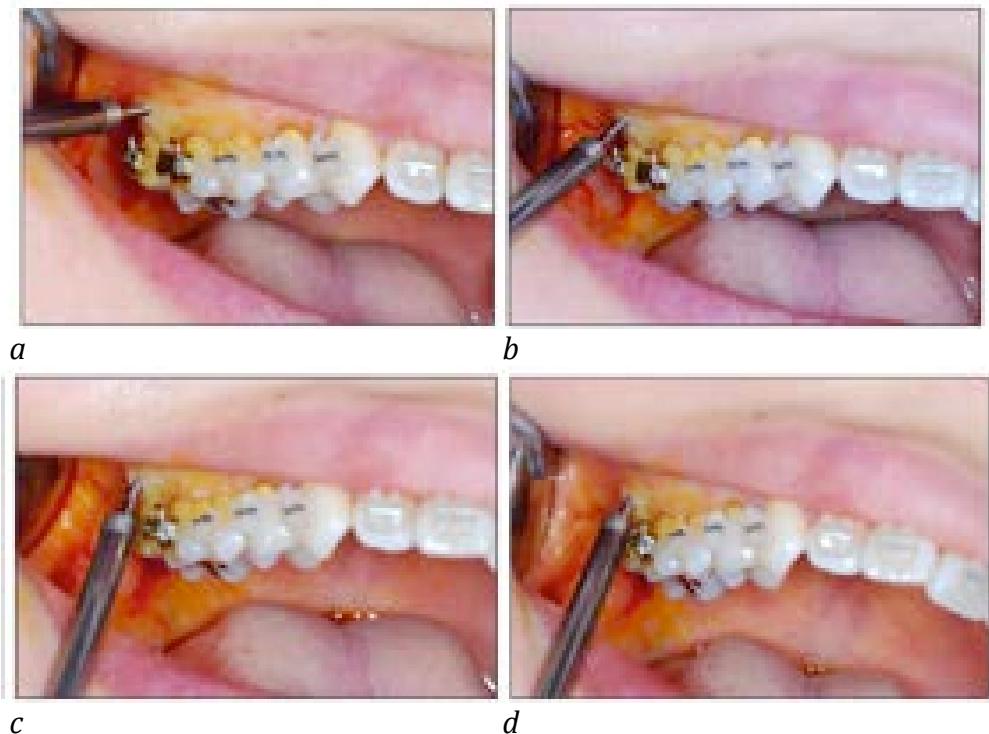


Figure 66 : Mini-vis verticale (LEE) (79)

Mini-vis insérée parallèlement à l'axe de la dent ou en dehors du trajet de la racine, pour ne pas interférer avec le mouvement mésio-distal.

3.3.2.1 Description de la technique

Pour insérer une mini-vis verticalement, il est nécessaire de réaliser une encoche osseuse. La vis doit donc être présentée perpendiculairement à la surface de l'os alvéolaire, puis il faut faire une ou deux rotations pour marquer la surface osseuse, ensuite dévisser et redresser l'axe de la mini-vis. Marquer à nouveau la surface par une ou deux rotations en restant sur l'encoche. Dévisser. Répéter la procédure en restant sur l'encoche et en inclinant la vis progressivement, positionner la mini-vis verticalement et visser doucement en maintenant la position verticale (Fig.67 et 68).



*Figure 67 : Technique d'insertion des mini-vis verticales (LEE) (79)
Procédure chirurgicale des « encoches »*

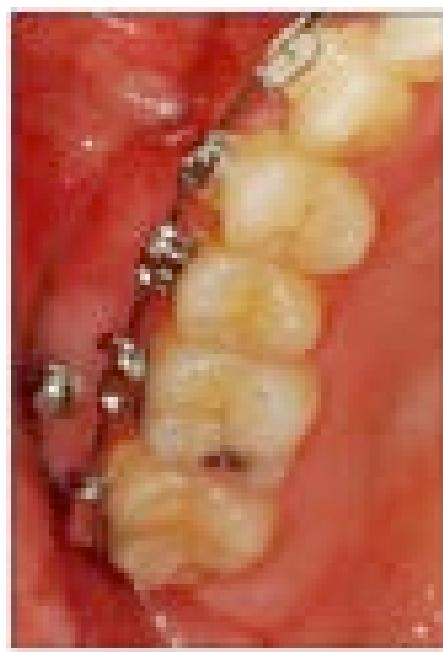


Figure 68 : Situation finale de la mini-vis verticale (LEE)(79)

Toute l'arcade maxillaire est enfin rétractée sur ces ancrages temporaires au moyen d'une chaînette élastomérique.

3.3.2.2 Effets

LEE obtient la classe I molaire par distalisation sur des vis verticales. L'auteur présente la technique chirurgicale mais ne détaille pas la quantité de distalisation obtenue ni les effets parasites observés sur le plan biomécanique.

3.3.2.3 Avantages

La technique semble simple grâce à l'utilisation **d'une seule mini-vis** par hémi-arcade, qui, de plus, ne présente **pas d'interférences radiculaires**.

Cette technique évite l'utilisation des mini-plaques pour lesquelles la technique chirurgicale est plus invasive, en évitant également tout dommage radiculaire.

La position verticale **évite le déplacement secondaire des ancrages** en cas d'interférence radiculaire.

L'utilisation d'une chaînette élastomérique reliant ces 2 implants est simple et peu encombrante pour le patient.

3.3.2.4 Inconvénients

Le site osseux est déterminant dans cette technique, **l'épaisseur d'os de la corticale vestibulaire** n'est parfois pas suffisante, cette technique ne conviendra pas à tous les cas.

L'insertion de la mini-vis est **plus technique** qu'une insertion inter-radiculaire classique et nécessite une certaine expérience selon LEE, notamment pour savoir appréhender l'inclinaison de la surface osseuse et pour la réalisation d'encoche.

Le risque de **fracture** de mini-vis est augmenté si la technique d'insertion par encoches successives n'est pas respectée. Cependant, le torque d'insertion et de désinsertion est plus faible qu'avec une mini-vis oblique à 45°. Les mini-vis verticales seraient donc moins stables de façon primaire (car torque de désinsertion plus faible) (80).

Le stade de dentition est également un facteur limitant de cette technique, la présence de germes dentaires empêche l'insertion de vis vestibulaire, qu'elles soient obliques ou verticales.

3.3.3 Mini-vis palatine

3.3.3.1 Description du site

En palatin la mini-vis sera placée **entre la 2nd prémolaire et la 1^{ère} molaire**. Une mini-vis vestibulaire peut être ajoutée, afin d'obtenir une action bilatérale. Pour DARQUE, l'**espace inter-radiculaire** est de **3,2 mm en vestibulaire** et de **5,45 mm en palatin** à 5mm de hauteur de la crête osseuse (17).

Le diamètre le plus faible du mini-implant généralement retenu est de **1,4 mm pour une longueur de 8-9 mm**. La mini-vis palatine ne devra pas être placée au delà de la ligne d'épaississement des tissus mous et l'apex de la vis ne devra pas dépasser l'apex radiculaire, de façon à se protéger de dommage sinusal. L'angulation est donc de **30° à 45°** par rapport au plan occlusal, ce qui correspond à être perpendiculaire à l'os cortical. Une approche rotative à l'aide de contre-angle est préférable à l'insertion manuelle dans cette zone (Fig. 69 et 70).

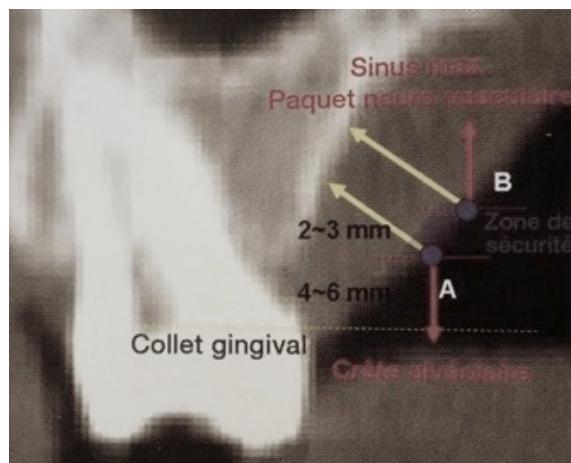


Figure 69 : Zone d'insertion d'une mini-vis palatine entre 2nd prémolaire et 1^{ère} molaire (LEE) (22)



Figure 70 : Vue occlusale d'une système de distalisation sur mini-vis palatine (LEE) (22)

3.3.3.2 Avantages

L'utilisation de mini-vis du côté palatin présente l'avantage de mieux contrôler la position de la **ligne de force** et de disposer d'un **espace inter-dentaire plus large** qu'en vestibulaire. Le **risque de dommage radiculaire** est ainsi **amoindri** et cet espace volumineux permet l'utilisation de divers attachements pouvant servir à modifier la ligne d'action.

La distance mésio-distale étant plus importante en palatin qu'en vestibulaire, les déplacements mésio-distos possibles seront de **plus grande amplitude**.

L'os cortical est plus épais qu'en vestibulaire, une insertion sur 6 mm semble donc suffisante.

La situation médiane des vis palatines par rapport à l'arcade dentaire permet de **contrôler l'effet d'expansion** résultant de la distalisation effectuée à partir de la vis vestibulaire.

Une mini-vis palatine est particulièrement adaptée et souvent utilisée quand une technique par **multi-attache lingual** est pratiquée. MULLER utilise 2 mini-vis par côté, (une palatine et une vestibulaire) associées à un multi-attache lingual, afin d'éviter la perte d'ancrage surtout lors des phases d'alignement/nivellement dans les classes II.2 puis de réaliser la distalisation en masse de l'arcade (Conférence de la SFOL du 7 décembre 2014).

3.3.3.3 Inconvénients

Cependant, cette technique présente tout de même l'inconvénient d'**interférer avec le déplacement dentaire**. De plus, un arc palatin confectionné au **laboratoire** peut s'avérer nécessaire pour maîtriser les **effets parasites** et la **procédure de placement est plus délicate qu'en vestibulaire**. La présence des volumineux faisceaux neuro-vasculaires palatins et des sinus maxillaires oblige en effet à une grande attention.

La **langue** peut être un facteur **déstabilisant** pour la mini-vis.

La gencive kératinisée est épaisse, un col trans-gingival long doit être utilisé, ce qui augmente **l'effet « bras de levier »** lors de l'application de la force sur la vis. Si

l'épaisseur de tissu mou est **supérieure à 4 mm**, ce ne sera pas une situation biomécanique favorable, un autre site devra alors être utilisé (Fig. 71).

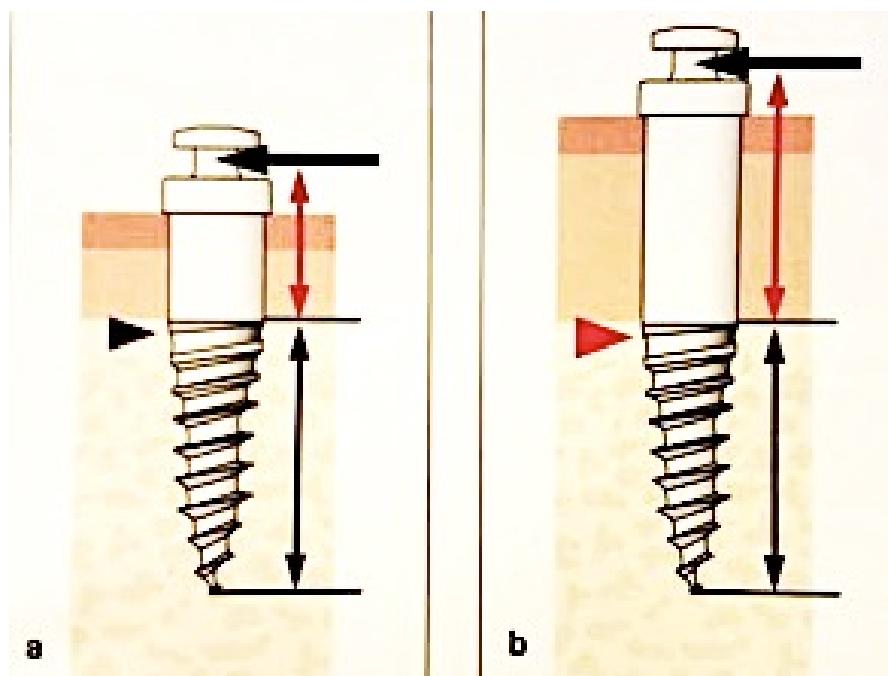


Figure 71 : Schématisation de l'effet biomécanique de «bras de levier» selon la longueur du col trans-gingival de la mini-vis (LEE) (77)

3.3.4 Mini-vis tubérositaire

3.3.4.1 Description du site osseux

A ce niveau, il est facile d'exercer des forces de distalisation, cependant cette localisation induit de **nombreux effets parasites** tels qu'une disto-version et une bascule du plan d'occlusion (Fig. 72, (17)).

La **qualité du site osseux** est **souvent faible**, en raison du volume des cavités sinusiennes, on note une **procidence du sinus** dans 70% des cas (81). Un examen préopératoire avec orthopantomographie et rétro-alvéolaire est parfois suffisant. Si les clichés précédents mettent en évidence une réelle proximité avec le sinus, un scanner ou un cône beam 3D seront nécessaires (25, 27). C'est également la zone où se développent les **dents de sagesse**.

L'os paraît moins dense et plus spongieux en arrière de la seconde molaire selon POGGIO(81) et BAUMGAERTEL (82) et serait donc de moins bonne qualité que les sites palatins ou vestibulaires.

3.3.4.2 Description de la technique

Pour ELLOUZE et DARQUE (17), les implants tubérositaires seront essentiellement utilisés lorsque les espaces inter-radiculaires sont trop étroits. La taille des implants généralement retenue est de **1,5 mm de diamètre et 10 mm de long**. Une première phase de distalisation molaire est réalisée. Puis dès que l'on obtient un espace suffisant en avant des molaires, ils conseillent de placer un **mini-implant inter-radiculaire pour réaliser la distalisation du bloc antérieur**. L'implant inter-radiculaire étant plus proche du centre de résistance de l'arcade, les effets parasites seront moindres.

Afin de contrôler verticalement la partie antérieure de l'arcade il peut être nécessaire d'ajouter des mini-implants antérieurs, notamment dans les cas de supraclusion.

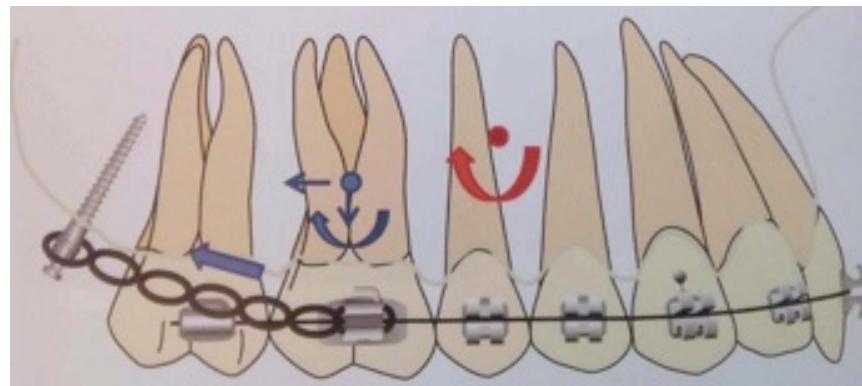


Figure 72 : Effets parasites observés lors d'une distalisation sur ancrage tubérositaire (ELLOUZE et DARQUE) (17)

3.3.4.3 Effets

Aucun essai clinique ne relate les résultats obtenus pour une distalisation sur mini-vis tubérositaires, seuls des rapports d'auteurs existent. Dans les rapports de cas présentés, la distalisation molaire a été obtenue jusqu'à réaliser une classe I molaire. Par contre, de nombreux effets parasites (disto-version, bascule du plan d'occlusion) ont souvent nécessité l'ajout de mini-vis plus antérieures (Fig.73).



Figure 73 : Ajout de mini-vis antérieures pour palier aux effets parasites (ELLOUZE et DARQUE) (17)

3.3.4.4 Avantages

Cette localisation permet d'initier la distalisation molaire **même en l'absence d'espaces inter-radiculaires suffisants**.

3.3.4.5 Inconvénients

La tubérosité constitue l'os cortical le plus postérieur au maxillaire, son **accessibilité** est donc **difficile** et l'insertion peut être imprécise (17).

La **qualité osseuse** de ce site est souvent jugée **moins bonne**.

L'évolution des **dents de sagesse** dans cette zone peut aussi contre-indiquer l'insertion d'une mini-vis (24).

L'**épaisseur importante de gencive** à ce niveau impose l'utilisation d'un col gingival long, qui s'avère être plus déstabilisant (**bras de levier important**).

Les **effets biomécaniques parasites** sont **nombreux** dans cette technique, surtout dans le second ordre : disto-versions molaires plus marquées et une rotation horaire du plan d'occlusion car l'implant est placé à distance du centre de rotation de l'arcade (17). Cette bascule peut-être contrôlée par des mini-implants placés antérieurement.

Système de distalisation par ancrage alvéolaire :

- mini-vis utilisées comme ancrage direct ou indirect, à proximité des dents
- la qualité osseuse est variable avec un os alvéolaire palatin > os alvéolaire vestibulaire > os alvéolaire tubérositaire
- avantages : simplicité (coût limité, chirurgie peu invasive, pas d'étape laboratoire)
- inconvénients :
 - qualité osseuse → diminue stabilité → diminution force exercée
 - dommages radiculaires
 - obstacle au mouvement (d'où déplacement de l'implant)
 - seulement utilisable en fin de croissance (qualité os, abs. de germe)
 - effets parasites nombreux

4. CONCLUSION

Les techniques de distalisation des molaires maxillaires par ancrage osseux maxillaire que nous venons de décrire sont des thérapeutiques efficaces et fiables. Elles constituent des alternatives séduisantes aux autres techniques de distalisation utilisées jusque là (FEO, distaleurs à ancrages dentaires...) puisqu'elles sont esthétiques (car intra-buccales) et prédictibles (car elles sollicitent peu la coopération du patient).

Leurs bons résultats et les nouveaux déplacements dentaires qu'elles permettent (ex : ingression molaire) repoussent encore les indications d'exactions ou de chirurgie orthognathique, gestes invasifs parfois mal vécus, sans pour autant faire de compromis.

Il ne faut cependant pas oublier que ces dispositifs répondent à des indications bien précises et qu'ils ne permettent pas de traiter toutes les anomalies de classe II, notamment lorsque celles-ci sont marquées et d'origine mandibulaire.

La revue de littérature réalisée a permis d'établir une classification de ces différents dispositifs en fonction de la localisation de l'ancrage osseux et d'établir leurs principales caractéristiques et donc indications.

- 1) Dispositifs de distalisation des molaires maxillaires à ancrage osseux médio-palatin
 - A) Localisation médio-palatine antérieure
 - a) Mécanique de distalisation par glissement
 - b) Mécanique de distalisation par boucle
 - B) Localisation médio-palatine postérieure
- 2) Dispositifs de distalisation des molaires maxillaires à ancrage osseux zygomatique
 - A) Mini-plaques
 - B) Mini-vis enfouies
- 3) Dispositifs de distalisation des molaires maxillaires à ancrage osseux alvéolaire
 - A) Mini-vis vestibulaire
 - B) Mini-vis vestibulaire placée verticalement
 - C) Mini-vis palatine
 - D) Mini-vis tubérositaire

Aucun de ces systèmes n'est, bien sûr, universel et les avantages et inconvénients de chacun permettent de répondre de la façon la plus adéquate à des situations cliniques très variées.

Le choix entre ces différentes techniques se fera en fonction de divers facteurs tels que :

- la quantité de distalisation nécessaire
- les mouvements orthodontiques associés nécessaires (ingression, expansion, contraction...)
- la qualité et quantité osseuse à notre disposition
- les proximités radiculaires
- l'âge du patient
- la sensibilité du patient (nauséux...)
- coût...

Le spécialiste en orthodontie ne peut connaître toutes les techniques que nous avons décrites. Cependant, il doit en maîtriser plusieurs afin de s'adapter au mieux au cas clinique, qui aura fait l'objet d'un diagnostic complet, minutieux et rigoureux et qui reste l'étape primordiale de tout traitement.

Enfin pour finir, il faut insister sur la quasi absence, à l'heure actuelle, d'études concernant la stabilité à long terme de la distalisation des molaires maxillaires obtenue grâce aux dispositifs sur ancrage osseux.

LEXIQUE DES FIGURES

<i>Figure 1 : Visualisation des 2nd et 3^{ème} raphés palatins (iconographie personnelle)</i>	15
<i>Figure 2 : Vue occlusale d'une section horizontale d'une pièce anatomique du maxillaire au niveau de l'épine nasale antérieure. (LUDWIG)(24)</i>	15
<i>Figure 3 : Site d'insertion potentiel des mini-vis palatines. (LUDWIG)(24).....</i>	15
<i>Figure 4 : Comparaison des os corticaux palatins (LEE) (22)</i>	16
<i>Figure 5 : Ligne d'action de la force de distalisation (LEE) (22)</i>	18
<i>Figure 6 : Choix de la ligne d'action de la force de distalisation par ajout d'attachement (LEE) (22).....</i>	18
<i>Figure 7 : Système PAPADOPoulos modifié par le Dr POITEL (avec l'aimable autorisation des Docteurs Romain et Martial POITEL)(30)</i>	21
<i>Figure 8 : « Miniscrew Implant Supported Distalization System » appareil activé en place. (PAPADOPoulos) (29)</i>	22
<i>Figure 9 : Déplacement mésial de la glissière. (avec l'aimable autorisation des Docteurs Romain et Martial POITEL)(30).....</i>	23
<i>Figure 10 : Inflammation de la gencive palatine (avec l'aimable autorisation des Docteurs Romain et Martial POITEL)(30)</i>	24
<i>Figure 11 : Mini-implant Benefit avec sa tête munie d'un pas de vis interne et les 12 pans de son contour extérieur complètent la stabilité de la mécanique connectée par vissage.(31)</i>	25
<i>Figure 12 : Benetube (WILMES)(32).....</i>	27
<i>Figure 13 : Benetube en place. (WILMES)(32).....</i>	27
<i>Figure 14 : Benetube et Mesialtube (WILMES)(33)</i>	27
<i>Figure 15 : Flexitube d'après BANACH (24, 34, 35).....</i>	28
<i>Figure 16 : Arc de distalisation courbé et Beneplaque adaptée au relief du palais.(WILMES)(25)</i>	28
<i>Figure 17 : Transfert des informations cliniques sur le modèle en plâtre pour la fabrication de l'appareil. (WILMES).....</i>	29
<i>Figure 18 : Appareil réglé sur modèle en plâtre. (WILMES).....</i>	29
<i>Figure 19 : Présentation des différentes pièces du beneslider de WILMES (Nienkemper) (36)</i>	30
<i>Figure 20 : Ressort mis en compression par l'écrou mobile. (WILMES) (37)</i>	30
<i>Figure 21 : Schéma des conséquences biomécaniques de la distalisation par ancrage indirect (A) et direct (B) (WILMES)(38)</i>	31
<i>Figure 22 : Biomécanique du longslider (LONGERICH)(39).....</i>	33
<i>Figure 23 : Photo du double ressort du Longslider. (LONGERICH)(39)</i>	33
<i>Figure 24 : Association du beneslider aux aligneurs (LUDWIG) (24)</i>	34
<i>Figure 25 : Cas clinique d'une distalisation associée à une mésialisation (WILMES) (44)</i>	34
<i>Figure 26 : Ecrou mobile sur arc de distalisation (NIENKEMPER) (36)</i>	35
<i>Figure 27 : Dessin numérique de téléradiographies (45)</i>	35
<i>Figure 28 : Distal-jet sur mini-vis palatines (KINZINGER) (47).....</i>	37
<i>Figure 29 : « GRAZ implant » modifié (BYLOFF) (50)</i>	41
<i>Figure 30 : Schéma du GISP selon KARCHER, vue latérale (49)</i>	42
<i>Figure 31 : Etapes cliniques du GISP (KINZINGER) (48).....</i>	42
<i>Figure 32 : Situation clinique du BAPA en bouche à la fin de la phase de distalisation (KIRCELLI) (51)</i>	43
<i>Figure 33 : Vue occlusale du pendulis (A) et son schéma (B) (NAPPE-MIEVILLY) (53)</i>	45
<i>Figure 34 : Superposition des tracés céphalométriques avant/après distalisation au moyen du pendulis, réalisée sur le plan bispinal. (NAPPE-MIEVILLY) (53)</i>	46
<i>Figure 35 : Schéma de l'Orthosystem® (Straumann® Orthosystem Palatal Implant)</i>	47
<i>Figure 36 : L'Orthosystem® avec différents appareils palatins de distalisation. (LEE) (22)</i>	48
<i>Figure 37 : Défaut osseux palatin observé à la dépose de l'Orthosystem® (LEE) (22)</i>	49
<i>Figure 38 : Systèmes de distalisation sur ancrage médio-palatin postérieur (ELLOUZE, DARQUE) (17)....</i>	51
<i>Figure 39 : Mini-plaques Orthoanchor SMAP®, Dentsply-Sankin, Tokyo du système SAS (SUGAWARA) (63)</i>	55
<i>Figure 40 : Placement d'une mini-plaque maxillaire (SUGAWARA) (63).....</i>	56
<i>Figure 41 : Schéma des deux méthodes de distalisation (en 1 ou 2 phases) (SUGAWARA) (60).....</i>	57

Figure 42 : Retrait d'une mini-plaque maxillaire (63).....	60
Figure 43 : Plaque Bolland maxillaire (DE CLERK) (70)	62
Figure 44 : Distalisation molaire avec ancrage osseux sur Bolland. (DE CLERK) (71)	63
Figure 45 : Distalisation en masse avec ancrage osseux sur Bolland (DE CLERK) (70).....	64
Figure 46 : Modèles numériques maxillaires avant (rouge) et après (vert) la distalisation. (71).....	65
Figure 47 : Comparaison des différentes procédures dentaires par les patients (CORNELIS) (72).....	67
Figure 48 : Photo du système de distalisation Bolland associé à un arc auxiliaire d'ingression (DE CLERK) (70).....	68
Figure 49 : Mini-plaque en titane du système ZGA et vue opératoire (NUR) (21)	69
Figure 50 : Arc interne du système ZGA (NUR) (21)	70
Figure 51 : Schéma des composants du ZGA (KILKIS) (73).....	70
Figure 52 : Design de la mini-plaque C-tube (CHUNG) (74)	72
Figure 53 : Photo d'un modèle d'arcade avec C-tube positionné sur la zone rétro-prémolaire palatine (74)	73
Figure 54 : Système de distalisation des molaires maxillaires par ancrage indirect à partir d'une mini-vis corticale enfouie (75)	74
Figure 55 : Schéma de biomécanique d'une force appliquée à une mini-vis conventionnelle et à une vis corticale (75)	74
Figure 56 : Vues opératoires d'une insertion et mise en place du système de distalisation sur vis corticale enfouie (EL-DAWLATLY) (76)	75
Figure 57 : Coupes de scanner d'un procès alvéolaire (LEE) (22)	78
Figure 58 : Zone d'insertion d'une mini-vis vestibulaire entre 2 nd prémolaire et 1 ^{ère} molaire (LEE) (22)	79
Figure 59 : Biomécanique de la distalisation en masse sur mini-vis vestibulaire (ELLOUZE et DARQUE) (17)	80
Figure 60 : Biomécanique de la distalisation en deux temps sur mini-vis vestibulaire (ELLOUZE et DARQUE) (17)	81
Figure 61 : Radiographies rétro-alvéolaire d'une mini-vis inter-radiculaire (ELLOUZE et DARQUE) (17)	82
Figure 62 : Coupe horizontale d'un scanner maxillaire (LEE) (22)	83
Figure 63 : Coupe horizontale d'un scanner maxillaire à différent niveau (LEE) (22)	83
Figure 64 : Effets parasites observés lors de la distalisation sur mini-vis vestibulaire (ELLOUZE et DARQUE) (17)	84
Figure 65 : Comparaison de la distalisation sur une ou deux mini-vis (BECHTOLD) (78)	86
Figure 66 : Mini-vis verticale (LEE) (79)	87
Figure 67 : Technique d'insertion des mini-vis verticales (LEE) (79)	88
Figure 68 : Situation finale de la mini-vis verticale (LEE) (79)	88
Figure 69 : Zone d'insertion d'une mini-vis palatine entre 2 nd prémolaire et 1 ^{ère} molaire (LEE) (22)	90
Figure 70 : Vue occlusale d'une système de distalisation sur mini-vis palatine (LEE) (22)	90
Figure 71 : Schématisation de l'effet biomécanique de « bras de levier » selon la longueur du col trans- gingival de la mini-vis (LEE) (77)	92
Figure 72 : Effets parasites observés lors d'une distalisation sur ancrage tubérositaire (ELLOUZE et DARQUE) (17)	94
Figure 73 : Ajout de mini-vis antérieures pour palier aux parasites (ELLOUZE et DARQUE) (17)	94

BIBLIOGRAPHIE

1. Dictionnaire d'orthognathodontie. Société française d'orthopédie dento-faciale2012.
2. Patti A. Traitement des classes II, De la prévention à la chirurgie Quintessence international; 2010. 498 p.
3. Service d'évaluation des actes professionnels. Bilan de dysmorphose dento-maxillo-faciale. Haute Autorité de santé. 2006.
4. Deniaud J. Les extractions de dents saines permanentes en orthopédie dento faciale : Réflexion éthique: Université René Descartes, Paris V; 2000.
5. Pernier C, Challe E, Gebeile-Chauty S, Aknin J. Traitements interceptifs de la classe II en denture mixte: therapeutiques intra-orales de distalisation. L' Orthodontie française. 2006 Mar;77(1):139-49. PubMed PMID: 16708661. Epub 2006/05/20. fre.
6. Aknin J. Traitements sans extractions : nouvelles limites, nouveaux moyens. L' Orthodontie française. 1995;66(3):635-51.
7. Amoric M. Gouttières de finition, d'expansion, de distalage et d'anti-pouce, thermoformées. Rev Orthop Dento Faciale. 1991;25:235-9.
8. Carano A, Testa M. The distal jet for upper molar distalization. Journal Of Clinical Orthodontics: JCO. 1996;30(7):374-80. PubMed PMID: 10356484.
9. Papadopoulos MA, Melkos AB, Athanasiou AE. Noncompliance maxillary molar distalization with the first class appliance: a randomized controlled trial. American Journal of Orthodontics & Dentofacial Orthopedics. 2010;137(5):586.e1-e13. PubMed PMID: 2010650964.
10. Keles A, Sayinsu K. A new approach in maxillary molar distalization: Intraoral bodily molar distalizer. Am J Orthod Dentofac Orthop. 2000 1//;117(1):39-48.
11. Wilson WL, Wilson RC. Multi-directional 3D functional Class II treatment. Journal Of Clinical Orthodontics: JCO. 1987;21(3):186-9. PubMed PMID: 3471770.
12. Runge ME, Martin JT, Bukai F. Analysis of rapid maxillary molar distal movement without patient cooperation. American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics. 1999 Feb;115(2):153-7. PubMed PMID: 9971926. Epub 1999/02/11. eng.
13. Gianelly AA. Distal movement of the maxillary molars. American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics. 1998 Jul;114(1):66-72. PubMed PMID: 9674683. Epub 1998/07/23. eng.
14. Kinzinger G, Eren M, Diedrich P. Treatment effects of intraoral appliances with conventional anchorage designs for non-compliance maxillary molar distalization. A literature review. Eur J Orthod. 2008;30(6):558-71.
15. Wilmes B, Drescher D. Application and effectiveness of the Beneslider: a device to move molars distally. World journal of orthodontics. 2010 Winter;11(4):331-40. PubMed PMID: 21490998. Epub 2010/01/01. eng.
16. Byloff F, Kärcher H, Clar E, Stoff F. An implant to eliminate anchorage loss during molar distalization: a case report involving the Graz implant-supported

- pendulum. *The International journal of adult orthodontics and orthognathic surgery*. 2000;15(2):129-37.
17. Ellouze S, Darqué F. *Mini-implants / L'orthodontie de demain: Quintessence international*; 2012.
 18. Fudalej P, Antoszewska J. Are orthodontic distalizers reinforced with the temporary skeletal anchorage devices effective? *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2011 6//;139(6):722-9.
 19. Mollin AD. Introduction to the universal light arch technique. *Journal of clinical orthodontics* : JCO. 1972 Sep;6(9):508-21. PubMed PMID: 4507398. Epub 1972/09/01. eng.
 20. Gelgor IE, Karaman AI, Buyukyilmaz T. Comparison of 2 distalization systems supported by intraosseous screws. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2007;131(2):161.e1-8. PubMed PMID: CN-00575184.
 21. Nur M, Bayram M, Celikoglu M, Kilkis D, Pampu AA. Effects of maxillary molar distalization with Zygoma-Gear Appliance. *The Angle orthodontist*. 2011 2012/07/01;82(4):596-602.
 22. Lee, Kim, Park, Vanarsdall. *Applications cliniques des mini-implants en orthodontie*. Quintessence International. 2008.
 23. Wehrbein, Glatzmaier, Mundwiller, Diedrich. *The Orthosystem : a new implant system for orthodontic anchorage in the palate*. J Orofac Orthop. 1996;57:142-53.
 24. Ludwig, Glasl, Bowman, Wilmes, Kinzinger, Lisson. *Anatomical Guidelines for Miniscrew Insertion: Palatal Sites*. *Journal Of Clinical Orthodontics: JCO*. 2011;XLV, N° 8(Août 2011):433-41.
 25. Wilmes, Drescher. A miniscrew system with inter-changeable abutments. *J Clin Orthod* 2008;42:542-74.
 26. Asscherickx, Hanssens, Wehrbein, Sabzevar. Orthodontic anchorage implants inserted in the median palatal suture and normal transverse maxillary growth in growing dogs: A biometric and radiographic study. *. Angle Orthod* . 2005;75:826-31.
 27. Kravitz ND, Kusnoto B. Risks and complications of orthodontic miniscrews. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2007 4//;131(4, Supplement):S43-S51.
 28. Costa, Raffaini, Melsen. Miniscrews as orthodontic anchorage: a preliminary report. *Int J Adult Orthodont Orthognath Surg*. 1998;13:201-9.
 29. Papadopoulos MA. Orthodontic treatment of Class II malocclusion with miniscrew implants. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*. 2008 Nov;134(5):604 e1-16; discussion -5. PubMed PMID: 18984391. Epub 2008/11/06. eng.
 30. Poitel R. *Etude du système de recul du Dr Papadopoulos, mémoire CESMO* 2011.
 31. Wilmes, Drescher. A miniscrew system with interchangeable abutments. *JCO*. 2008;Volume XLII(Number 10):574-80.
 32. Wilmes, Nienkemper, Drescher. *Der Beneslider zur Distalisierung im Oberkiefer*. *Inf Orthod Kieferorthop*. 2013;45:42-50.
 33. Wilmes. *Manuel d'information Benefit system: PSM*; 2013.

34. Banach. Neues aus der praxis Dr. Banach 2013.
35. Banach, Wilmes. Kieferorthopädische „Perlen“, Tipps und Tricks aus dem Praxisalltag. *Kieferorthopädie*. 2011;25(2):00–.
36. Nienkemper M, Wilmes B, Pauls A, Drescher D. Multipurpose use of orthodontic mini-implants to achieve different treatment goals. *Journal of orofacial orthopedics = Fortschritte der Kieferorthopadie : Organ/official journal Deutsche Gesellschaft fur Kieferorthopadie*. 2012 Dec;73(6):467-76. PubMed PMID: 23104396. Epub 2012/10/30. eng.
37. Wilmes B, Drescher D, Nienkemper M. A miniplate system for improved stability of skeletal anchorage. *Journal of Clinical Orthodontics*. 2009 août 2009; XLIII(8):494-501.
38. Wilmes. Case Report kieferorthopadie : Compliance-unabhängige Molaren-distalisierung mittels Benefit-Technik. *Quintessenz Zahntech*. 2013;39(4):518–31.
39. Longerich, Thurau, Kolk. Development of a new device for maxillary molar distalization with high pseudoelastic forces to overcome slider friction: the Longslider—a modification of the Beneslider. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*. 2014 7//;118(1):22-34.
40. Crismani, Bertl, Celar, Bantleon, Burstone. Miniscrews in orthodontic treatment: review and analysis of published clinical trials. . *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*. 2010;137:108–13.
41. Wilmes B, Nienkemper M, Mazaud-Schmelter M, Renger S, Drescher D. [Combined use of Beneslider and lingual braces, mechanical aspects and procedures]. *L' Orthodontie francaise*. 2013 Dec;84(4):347-59. PubMed PMID: 24280550. Epub 2013/11/28. Utilisation combinee du Beneslider et d'appareils multi-bagues linguaux, mecaniques et procedure clinique. fre.
42. Wilmes, Nienkemper, Ludwig, Kau, Pauls, Drescher. Esthetic Class II Treatment with the Beneslider and Aligners. *JCO*. 2012;VOLUME XLVI(NUMBER 7):390-8.
43. Nienkemper, Wilmes, Renger, Mazaud-Schmelter, Drescher. Amélioration de la stabilité des mini-implants orthodontiques. *L' Orthodontie francaise*. 2012;83:201-7.
44. Wilmes, Nanda, Nienkemper, Ludwig, Drescher. Correction of upper-arch asymmetries using the mesial-distalslider. *JCO*. 2013;VOLUME XLVII(NUMBER 11):648-55.
45. Nienkemper, Wilmes, Pauls, Yamaguchi, Ludwig, Drescher. Treatment efficiency of mini-implant-borne distalization depending on age and second-molar eruption. *Journal of orofacial orthopedics = Fortschritte der Kieferorthopadie : Organ/official journal Deutsche Gesellschaft fur Kieferorthopadie*. 2014;No. 2: 74:1-xx.
46. Karaman AI, Başçiftçi FA, Polat O. Unilateral Distal Molar Movement With an Implant-Supported Distal Jet Appliance. *The Angle orthodontist*. 2002 2002/04/01;72(2):167-74.
47. Kinzinger GS, Gulden N, Yildizhan F, Diedrich PR. Efficiency of a skeletonized distal jet appliance supported by miniscrew anchorage for noncompliance maxillary molar distalization. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent*

- societies, and the American Board of Orthodontics. 2009 Oct;136(4):578-86. PubMed PMID: 19815162. Epub 2009/10/10. eng.
48. Kinzinger G, Wehrbein H, Byloff FK, Yildizhan F, Diedrich P. Innovative anchorage alternatives for molar distalization--an overview. *Journal of orofacial orthopedics = Fortschritte der Kieferorthopadie : Organ/official journal Deutsche Gesellschaft fur Kieferorthopadie*. 2005 Sep;66(5):397-413. PubMed PMID: 16231115. Epub 2005/10/19. eng ger.
49. Kärcher H, Byloff FK, Clar E. The Graz implant supported pendulum, a technical note. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*. 2002 4//;30(2):87-90.
50. Byloff F, Kärcher H, Clar E. „Implantatgetragene Oberkiefermolarendistalisierung“ (Erfahrungen mit dem GISP = Grazer Implantat Stabilisiertes Pendulum) *Oralchirurgie Journal* 2002 (I):12-8.
51. Kircelli B, Pektaş Z, Kircelli C. Maxillary Molar Distalization with a Bone-Anchored Pendulum Appliance. *The Angle orthodontist*. 2006 2006/07/01;76(4):650-9.
52. Polat-Ozsoy O, Kircelli B, Arman-Özçirpici A, Pektaş Z, Uçkan S. Pendulum appliances with 2 anchorage designs: conventional anchorage vs bone anchorage. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*. 2008 Mar;133(3):339 e9- e17. PubMed PMID: 18331928. Epub 2008/03/12. eng.
53. Nappée-Miéville M, Nappée F, Kerbrat J, Goudot P. Le pendulis : un dispositif de distalisation molaire sur minivis palatine. *L' Orthodontie française*. 2014 Septembre 2014;85:265-73.
54. Liou E, Pai B, Lin J. Do miniscrews remain stationary under orthodontic forces? *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*. 2004;126:42-7.
55. Park H, Jeong S, Kwon O. Factors affecting the clinical success of screw implants used as orthodontic anchorage. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*. 2006;130:18-25.
56. Arcuri C, Muzzi F, Santini F, Barlattani A, Giancotti A. Five Years of Experience Using Palatal Mini-Implants for Orthodontic Anchorage. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2007 12//;65(12):2492-7.
57. Wehrbein H, Göllner P. Do palatal implants remain positionally stable under orthodontic load? A clinical radiologic study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2009 11//;136(5):695-9.
58. Lee JS, Kim DH, Park YC, Kyung SH, Kim TK. The efficient use of midpalatal miniscrew implants. *The Angle orthodontist*. 2004 Oct;74(5):711-4. PubMed PMID: 15529509. Epub 2004/11/09. eng.
59. F. Bassigny DC, J.-G. Chillès , B. Dumoulin , R. Filippi, M. Le Gall, L. Matossian, B. Thébault, L. Watcher Nouvelles conceptions de l'ancrage en orthodontie2013. 200 p.
60. Sugawara J, Kanzaki R, Takahashi I, Nagasaka H, Nanda R. Distal movement of maxillary molars in nongrowing patients with the skeletal anchorage system.

- American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 2006 6//;129(6):723-33.
61. Veziroglu F, Uckan S, Ozden U, Arman A. Stability of Zygomatic Plate-Screw Orthodontic Anchorage System A Finite Element Analysis. Angle Orthodontist, Vol 78, No 5, 2008. 2008;Vol 78(No 5):902-7.
62. Sugawara J. CHAPTER 15 - A Bioefficient Skeletal Anchorage System. In: Nanda R, editor. Biomechanics and Esthetic Strategies in Clinical Orthodontics. Saint Louis: W.B. Saunders; 2005. p. 295-309.
63. Sugawara J, Nishimura M. Minibone plates: The skeletal anchorage system. Seminars in Orthodontics. 2005 3//;11(1):47-56.
64. Erverdi N. AA. Zygomatic Anchorage for En Masse Retraction in the Treatment of Severe Class II Division 1. The Angle orthodontist. 2005; 75(3):483-90
65. Sugawara J, Baik U, Umemori M, Takahashi I, Nagasaka H, Kawamura H, et al. Treatment and posttreatment dentoalveolar changes following intrusion of mandibular molars with application of a skeletal anchorage system (SAS) for open bite correction. Int J Adult Orthodon Orthognath Surg. 2002;17(4):243-53.
66. Medeiros de Oliveira T, Nakao C, Gonçalves J, Santos-Pinto A. Maxillary molar intrusion with zygomatic anchorage in open bite treatment: lateral and oblique cephalometric evaluation. Oral Maxillofac Surg. 2015 2015/03/01;19(1):71-7. English.
67. Ishida T, Yoon HS, Ono T. Asymmetrical distalization of maxillary molars with zygomatic anchorage, improved superelastic nickel-titanium alloy wires, and open-coil springs. American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics. 2013 Oct;144(4):583-93. PubMed PMID: 24075667. Epub 2013/10/01. eng.
68. Nishimura M, Sannohe M, Nagasaka H, Igarashi K, Sugawara J. Nonextraction treatment with temporary skeletal anchorage devices to correct a Class II Division 2 malocclusion with excessive gingival display. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 2014 1//;145(1):85-94.
69. Kook Y-A, Bayome M, Trang VTT, Kim H-J, Park JH, Kim KB, et al. Treatment effects of a modified palatal anchorage plate for distalization evaluated with cone-beam computed tomography. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 2014 7//;146(1):47-54.
70. Clerck HD. Bolland modified miniplate [(consulté le 18/10/2014)]. Available from: <http://www.hugodeclerck.net/Product.html>.
71. Cornelis MA, De Clerck HJ. Maxillary molar distalization with miniplates assessed on digital models: a prospective clinical trial. American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics. 2007 Sep;132(3):373-7. PubMed PMID: 17826606. Epub 2007/09/11. eng.
72. 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. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 2008 1//;133(1):18-24.

73. Kilkis D, Bayram M, Celikoglu M, Nur M. Unilateral maxillary molar distalization with zygoma-gear appliance. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*. 2012 Aug;142(2):e1-7. PubMed PMID: 22858341. Epub 2012/08/04. eng.
74. Chung K-R, Kim S-H, Kang Y-G, Nelson G. Orthodontic miniplate with tube as an efficient tool for borderline cases. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2011 4//;139(4):551-62.
75. Chilles, Riemenschneider-Chilles. Utilisation des mini-vis corticales courtes en orthodontie. *L' Orthodontie francaise*. 2011;82:253-68.
76. El-Dawlatly MM, Abou-El-Ezz AM, El-Sharaby FA, Mostafa YA. Zygomatic mini-implant for Class II correction in growing patients. *Journal of orofacial orthopedics = Fortschritte der Kieferorthopadie : Organ/official journal Deutsche Gesellschaft fur Kieferorthopadie*. 2014 May;75(3):213-25. Epub 2014/05/16. Eng.
77. Leung MT-C, Lee TC-K, Rabie ABM, Wong RW-K. Use of Miniscrews and Miniplates in Orthodontics. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2008 7//;66(7):1461-6.
78. Bechtold TE, Kim J-W, Choi T-H, Park Y-C, Lee K-J. Distalization pattern of the maxillary arch depending on the number of orthodontic miniscrews. *The Angle orthodontist*. 2012 2013/03/01;83(2):266-73.
79. Lee JY. [Molar distalization by using vertically installed mini-screws]. *L' Orthodontie francaise*. 2012 Dec;83(4):257-66. PubMed PMID: 23206370. Epub 2012/12/05. Distalisation des molaires utilisant des mini-vis d'ancrage placees verticalement. fre.
80. Raji SH, Noorollahian S, Niknam SM. The effect of insertion angle on orthodontic mini-screw torque. *Dent Res J*. 2014 Jul;11(4):448-51. eng.
81. Poggio PM, Incorvati C, Velo S, Carano A. "Safe Zones": A Guide for Miniscrew Positioning in the Maxillary and Mandibular Arch. *The Angle orthodontist*. 2006 2006/03/01;76(2):191-7.
82. Baumgaertel S. Cortical bone thickness and bone depth of the posterior palatal alveolar process for mini-implant insertion in adults. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2011 12//;140(6):806-11.

BERNARD-GRANGER Chloé – TECHNIQUES DE DISTALISATION DES MOLAIRES MAXILLAIRE PAR ANCRAGE OSSEUX MAXILLAIRE

(Thèse : Chir. Dent. : Lyon : 2015.055)
N°2015 LYO 1D 055

De nos jours, la légitimité de l'emploi des mini-vis en orthodontie n'est plus à démontrer.

Les techniques de distalisation des molaires maxillaires par ancrage osseux maxillaire ont prouvé leur efficacité. Elles constituent une solution simple et fiable aux problèmes de coopération et d'ancrage rencontrés avec les techniques de distalisation sur ancrage extra-oral ou dentaire.

Leur emploi, dans le respect de leurs indications (classes II d'origine maxillaire), permet de repousser les indications d'extractions ou de chirurgie orthognathique, sans pour autant faire de compromis.

La revue de littérature réalisée a permis d'établir une classification de ces différents dispositifs, en fonction de la localisation de l'ancrage osseux utilisé :

- ancrage osseux médio-palatin
 - o médio-palatin antérieur
 - o médio-palatin postérieur
- ancrage osseux zygomatique
 - o Mini-plaques
 - o Mini-vis enfouies
- ancrage osseux alvéolaire
 - o Mini-vis vestibulaire
 - o Mini-vis vestibulaire placée verticalement
 - o Mini-vis palatine
 - o Mini-vis tubérositaire

Le choix, par l'orthodontiste, du dispositif le plus adapté à la situation clinique diagnostiquée se fera par comparaison des avantages et inconvénients des différents systèmes.

Rubrique de classement : ORTHODONTIE ET ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE

Mots clés :

- Orthodontie
- Distalisation molaires maxillaires
- Ancrage osseux

Mots clés en anglais :

- Orthodontics
- Maxillary molars distalization
- Skeletal anchorage

Jury : **Président :** Monsieur le Professeur Guillaume MALQUARTI
Assesseurs : Monsieur le Docteur Renaud NOHARET
Madame le Docteur Claire PERNIER
Madame le Docteur Sabine BOUCHERIT

Adresse de l'auteur : Chloé BERNARD-GRANGER
1446 route de ferrières
74370 PRINGY