

UNIVERSITE DU DROIT ET DE LA SANTE DE LILLE 2

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année de soutenance : 2017

N°:

THESE POUR LE

DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le 15 décembre 2017

Par Maxime VOISIN

Né le 14 février 1992 à Dijon, FRANCE

CORRECTION DE L'ENDOGNATHIE MAXILLAIRE CHEZ LE PATIENT EN FIN DE
CROISSANCE PAR DISTRACTION MAXILLAIRE

JURY

Président :

Pr Guillaume PENEL

Assesseurs :

Dr Laurent NAWROCKI

Dr Emmanuelle BOCQUET

Dr Héloïse BECK

MAÎTRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS

T. BÉCAVIN	Responsable de la Sous-Section d'Odontologie Conservatrice – Endodontie
A. BLAIZOT	Prévention, Épidémiologie, Économie de la Santé, Odontologie légale
F. BOSCHIN	Responsable de la Sous-Section de Parodontologie
E. BOCQUET	Responsable de la Sous-Section d'Orthopédie Dento-Faciale
C. CATTEAU	Responsable de la Sous-Section de Prévention, Épidémiologie, Économie de la Santé, Odontologie légale
A. DE BROUCKER	Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques, Biomatériaux, Biophysiques, Radiologie
T. DELCAMBRE	Prothèse
C. DELFOSSE	Odontologie Pédiatrique
F. DESCAMP	Prothèse
A. GAMBIEZ	Odontologie Conservatrice – Endodontie
F. GRAUX	Prothèse
P. HILDEBERT	Odontologie Conservatrice – Endodontie
J-M. LANGLOIS	Responsable de la Sous-Section de Chirurgie Buccale, Pathologie et Thérapeutique, Anesthésiologie et Réanimation
C. LEFEVRE	Prothèse
J-L. LÉGER	Orthopédie Dento-Faciale
M. LINEZ	Odontologie Conservatrice – Endodontie
G. MAYER	Prothèse
L. NAWROCKI	Chirurgie Buccale, Pathologie et Thérapeutique, Anesthésiologie et Réanimation Chef du Service d'Odontologie A. Caumartin – CHRU Lille
C. OLEJNIK	Sciences Biologiques

P. ROCHER	Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques, Biomatériaux, Biophysiques, Radiologie
L. ROBBERECHT	Odontologie Conservatrice - Endodontie
M. SAVIGNAT	Responsable de la Sous-Section des Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques, Biomatériaux, Biophysiques, Radiologie
T. TRENTESAUX	Odontologie Pédiatrique
J. VANDOMME	Responsable de la Sous-Section de Prothèse

Réglementation de présentation du mémoire de Thèse

Par délibération en date du 29 octobre 1998, le Conseil de la Faculté de Chirurgie Dentaire de l'Université de Lille 2 a décidé que les opinions émises dans le contenu et les dédicaces des mémoires soutenus devant jury doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'ainsi aucune approbation, ni improbation ne leur est donnée.

Aux membres du jury,

Monsieur le Professeur Guillaume PENEL

Professeur des Universités - Praticien Hospitalier

Sous-Section Sciences Biologiques

- Docteur en Chirurgie Dentaire
- Doctorat de l'Université René DESCARTES (PARIS V)
- C.E.S d'Odontologie Chirurgicale
- Habilité à Diriger des Recherches
- Vice-Doyen Recherche de la Faculté de Chirurgie Dentaire
- Responsable de la Sous-Section Sciences Biologiques

*Je suis sensible à l'honneur que vous me faites de présider ce jury et j'espère qu'il
saura retenir votre intérêt.*

Veillez trouver ici le témoignage de mon profond respect.

Monsieur le Docteur Laurent Nawrocki

Maître de Conférences des Universités - Praticien Hospitalier des CSERD

Sous-Section Chirurgie Buccale, Pathologie et Thérapeutique, Anesthésiologie et Réanimation

- Docteur en Chirurgie Dentaire
- Doctorat de l'Université de Lille 2 (mention Odontologie)
- Maîtrise en Biologie Humaine
- C.E.S d'Odontologie Chirurgicale
- Coordonnateur du D.E.S de Chirurgie orale (Odontologie)
- Secrétaire du Collège Hospitalo-Universitaire de Chirurgie Orale et Médecine Orale
- Vice Doyen Relations Intérieures et extérieures de la Faculté de Chirurgie Dentaire
- Chef du Service d'Odontologie du CHRU de Lille

*Je suis sensible à l'honneur que vous me faites de juger ce travail et
j'espère qu'il saura retenir votre intérêt.
Veuillez recevoir l'assurance de ma gratitude et de mon profond respect.*

Madame le Docteur Emmanuelle BOCQUET

Maître de Conférences des Universités - Praticien Hospitalier des CSERD

Sous-Section Orthopédie Dento-Faciale

- Docteur en Chirurgie Dentaire
- Responsable de la Sous-Section d'Orthopédie Dento-Faciale
- Spécialiste Qualifiée en Orthopédie Dento-Faciale (CECSMO)
- C.E.S. de Biologie de la Bouche
- C.E.S. d'Orthopédie Dento-Faciale
- Master 2 Recherche Biologie Santé
- Maîtrise des Sciences Biologiques et Médicales.
- Vice-Doyen Pédagogie de la Faculté de Chirurgie Dentaire de Lille

Je suis sensible à l'honneur que vous me faites d'avoir accepté de diriger ce travail, sans la moindre hésitation.

Durant ces premières années d'internat, vous m'avez apporté toute votre expérience clinique et transmis votre passion pour l'orthodontie et pour cela je vous en suis grandement reconnaissant.

J'espère, par ce travail et mon exercice futur faire honneur à votre enseignement et à vos valeurs humaines.

Madame le Docteur Héroïse Beck

Assistant Hospitalo-Universitaire
Sous-Section Orthopédie Dento-Faciale

- Docteur en Chirurgie Dentaire
- Spécialiste Qualifié en Orthopédie Dento-Faciale (DES ODF)
- Ancien interne des Hôpitaux

*Tu as accepté de juger ce travail malgré le fait que ce soit ta première thèse
et j'en suis ravi.*

*Je te remercie pour tous ces moments passés en clinique, au Typo, en
soirée ou à parler du cabinet. En somme un grand merci pour ces petites
choses qui m'ont permises de passer un super internat.*

*Je te souhaite beaucoup de bonheur avec Maxence et lors de ton
installation future.*

TABLE DES MATIERES

1	Introduction.....	16
2	La distraction maxillaire, thérapeutique de choix chez l'adulte en cas d'endognathie	17
2.1	La disjonction non chirurgicale chez l'adulte.....	17
2.2	Processus de maturation de la suture médiane	20
2.2.1	Rappels embryologiques.....	21
2.2.2	Rappels radiologiques.....	22
2.2.3	Rappels histologiques	23
2.2.4	Chronologie.....	25
2.3	Etude CBCT du stade de maturation de la suture	26
2.3.1	Matériel et méthodes	26
2.3.2	Résultats.....	28
2.3.3	Discussion	29
2.4	Role des sutures perimaxillaires	30
2.4.1	Rappels.....	30
2.4.2	Les sutures péri-maxillaires, zones de résistance majeures	30
2.5	Les indications de la distraction maxillaire.....	32
3	PROCEDURE CHIRURGICALE : DU COTE DU CHIRURGIEN	34
3.1	PROTOCOLES CHIRUGICAUX DE LA DISTRACTION MAXILLAIRE	35
3.1.1	Distraction sans ostéotomie ptérygoidienne	35
3.1.2	Distraction avec ostéotomie ptérygoidienne.....	36
3.2	CHOIX DU PROTOCOLE CHIRURGICAL	37
3.2.1	A propos de la disjonction ptérygoidienne	37
3.2.1.1	Etudes in-vitro.....	37
3.2.1.2	Etudes in-vivo.....	38
3.2.2	Traits d'ostéotomies et résultats	42
3.3	LES COMPLICATIONS PER ET POST-OPERATOIRES EN FONCTION DES PROCEDURES.....	45
3.3.1	Les complications habituelles	45
3.3.1.1	Les hémorragies	45
3.3.1.2	Lésion ou atteinte de la branche du nerf maxillaire.....	46
3.3.1.3	Infection/ nécrose des tissus mous palatins	46

3.3.1.4	Douleurs/maux de tête	47
3.3.1.5	Problèmes d'expansion du maxillaire	47
3.3.1.6	Les acouphènes	48
3.3.1.7	Les larmoiements	48
3.3.2	Les complications non habituelles	49
4	Les différents types de disjoncteurs	50
4.1	Le disjoncteur à appuis dentaires	50
4.1.1	Description	50
4.1.2	Avantages et inconvénients	51
4.2	Le disjoncteur à appuis osseux	52
4.2.1	Description	52
4.2.2	Avantages et inconvénients	54
4.3	Le disjoncteur hybride	54
4.4	Le choix du dispositif	55
4.4.1	Disjoncteurs à appuis osseux VS Disjoncteurs à appuis dentaires	56
4.4.1.1	Les études "anciennes", basées sur des tracés céphalométriques et des modèles d'études. 56	
4.4.1.2	Les études tridimensionnelles.....	56
4.4.1.2.1	Une étude rétrospective à 3 mois	56
4.4.1.2.2	Une étude prospective à 22 mois sans randomisation	57
4.4.1.2.3	Une étude prospective à +6mois randomisée.....	57
4.4.2	Disjoncteurs hybrides VS Disjoncteurs à appuis dentaires	58
5	LES EFFETS DE LA DISTRACTION MAXILLAIRE	60
5.1	LES TISSUS DURS	60
5.1.1	Sur la suture	60
5.1.1.1	Définition du cal osseux	60
5.1.1.2	Histologie de la formation du cal osseux	61
5.1.1.3	Deux types d'ouverture de la suture médiane.....	62
5.1.1.4	Néoformation osseuse	63
5.1.2	Bases osseuses et procès alvéolo-dentaires	63
5.1.2.1	LA DIMENSION TRANSVERSALE.....	64
5.1.2.1.1	Les études « anciennes », utilisant les modèles d'études et la téléradiographie de face.	64
5.1.2.1.1.1	A court terme	64
5.1.2.1.1.2	Sur le long terme	66

5.1.2.1.2	Les études nouvelles utilisant le Cone Beam Computed Tomography (CBCT).....	68
5.1.2.1.2.1	Les apports des nouveaux logiciels d'exploitation	69
5.1.2.1.2.1.1	Les deux premières méthodes de superposition 3D.....	69
5.1.2.1.2.1.2	Méthode basée sur le Voxel	69
5.1.2.1.2.2	Les résultats des études 3D	71
5.1.2.1.2.2.1	Expansion alvéolaire	71
5.1.2.1.2.2.2	Expansion osseuse	72
5.1.2.1.2.2.3	Les effets sur le « long terme » : étude 3D de Nada[70]	73
5.1.2.2	LES DIMENSIONS VERTICALES ET SAGITTALES	74
5.1.2.2.1	Répercussions osseuses	74
5.1.2.2.1.1	Dimension sagittale	74
5.1.2.2.1.1.1	Au maxillaire	74
5.1.2.2.1.1.2	A la mandibule	74
5.1.2.2.1.2	Dimension verticale	74
5.1.2.2.2	Repercussions dento-alvéolaires.....	75
5.2	Tissus parodontaux	75
5.2.1	Observations cliniques	75
5.2.1.1	Indice de plaque.....	76
5.2.1.2	Mobilité (classification de Miller).....	76
5.2.1.3	Indice gingival.....	76
5.2.1.4	Profondeur de poche	76
5.2.1.5	Récessions parodontales.....	77
5.2.1.6	Hauteur d'attache	77
5.2.2	Observations radiologiques	77
5.2.2.1	Epaisseur d'os alvéolaire vestibulaire.....	77
5.2.2.2	Hauteur d'os alvéolaire.....	78
5.2.2.2.1	Les dents postérieures	78
5.2.2.2.2	Les dents antérieures	78
5.2.2.3	Les résorptions radiculaires	78
5.3	Tissus mous	78
5.3.1	Les joues.....	79
5.3.2	Les lèvres.....	79
5.3.3	Le nez	80
5.3.3.1	Le volume propre du nez	80
5.3.3.2	Le volume aérique du nez	81
5.3.4	Les muscles masticateurs.....	81
6	La contention	83

6.1	La durée de la contention	83
6.2	Le dispositif de contention	83
7	Conclusion	85
8	Table des figures	86
9	Bibliographie.....	87

1 INTRODUCTION

L'ostéodistraktion a été décrite pour la première fois par Codivilla[1] en 1905, évoquant l'allongement d'un fémur par ostéotomie latérale et forces obliques appliquées (Figure 1).

Dans les années 1950, Ilizarov (éminent chirurgien russe) a quant à lui énoncé les grands principes biologiques et biomécaniques de cette intervention[2].

A la suite de ces découvertes, Walker[3] propose un protocole chirurgical de la distraction osseuse, encore d'actualité aujourd'hui et applicable à tout type d'os, en particulier le maxillaire : la **DISTRACTION MAXILLAIRE** est née.

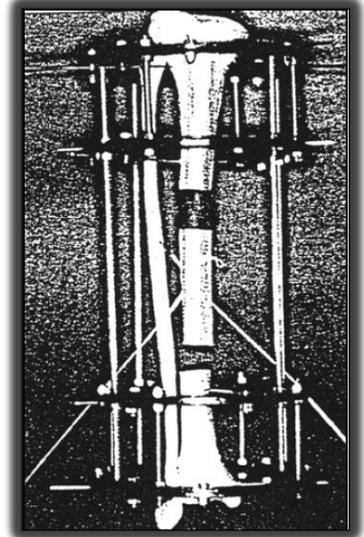


Figure 1 : essai de distraction d'un fémur par Codivilla [1]

Ce travail, retracera le parcours d'un patient lambda à qui l'on annonce

la nécessité de bénéficier d'une distraction maxillaire : *du diagnostic à la contention*.

Nous verrons dans un premier temps, pourquoi chez les patients en fin de croissance, un déficit transversal important impose une correction par chirurgie.

Ensuite, nous nous attarderons sur le volet chirurgical afin de savoir si toutes les techniques proposées sont aussi efficaces et quelles sont les complications auxquelles le patient peut être confronté.

La partie suivante aura comme objectif de présenter les effets de la distraction maxillaire au niveau squelettique, alvéolaire, parodontal et peaucier.

Enfin, le problème de la contention sera abordée.

2 LA DISTRACTION MAXILLAIRE, THERAPEUTIQUE DE CHOIX CHEZ L'ADULTE EN CAS D'ENDOGNATHIE MAXILLAIRE

Afin d'obtenir une stabilité fonctionnelle, occlusale et esthétique de nos traitements il est indispensable de coordonner les arcades maxillaires et mandibulaires. Pour cela, il s'avère parfois nécessaire d'augmenter la dimension transversale du maxillaire.

Notre action peut avoir lieu grâce à la synostose tardive de la suture palatine chez le jeune patient en croissance.

Mais il est admis que lorsque la synostose a eu lieu et que les interdigitations osseuses sont formées, les forces déployées par les appareils orthopédiques tels que les disjoncteurs (Rapid Maxillaire Expansion) ne sont plus adaptées et ne permettent pas d'obtenir de bons résultats au niveau basal.

2.1 LA DISJONCTION NON CHIRURGICALE CHEZ L'ADULTE

Lors des prémices de la disjonction rapide dans les années 1960, Haas[4] et ses contemporains ont très vite remarqué la grande efficacité de cette thérapeutique chez le patient en croissance avec des résultats spectaculaires, et une ouverture de la suture importante (radiographies occlusales à l'appui). L'appareil utilisé possédait le nom de son créateur : Appareil de Haas.

Simultanément, la suture palatine était étudiée de manière histologique et radiologique (paragraphe suivant).

Les quelques adultes bénéficiant d'un traitement d'orthodontie à cette époque et présentant une insuffisance maxillaire ont eux aussi bénéficié du disjoncteur de Haas. Les

résultats furent moins concluants, avec des effets parasites importants, d'où la nécessité de mettre au point une autre procédure.

- Capelozza[5] a traité 38 adultes avec un appareil de Haas et a atteint 81,5% de satisfaction clinique. Cependant le critère de satisfaction était l'ouverture d'un diastème interincisif et non la correction de la dimension transversale. Les auteurs ont dû faire face à de nombreux effets morbides : douleurs importantes, oedèmes, lésions palatines. L'auteur conclut que la solution non chirurgicale semble être possible si l'expansion à réaliser est faible à modérée.

- Northway[6] a quant à lui traité 15 patients adultes par **Rapid Maxillary Expansion (RME)** et 22 par **Surgically Assisted Rapid Maxillary Expansion (SARME)**.

Il a obtenu des résultats comparables d'un point de vue expansion mais ajoute qu'il a observé des « élongations de couronnes » (que l'on peut traduire comme récessions gingivales) beaucoup plus importantes chez les patients n'ayant pas bénéficié d'une chirurgie ($p=0,011$).

- En 2000, Chester S.Handelman[7] et son équipe ont posé des disjoncteurs sur 47 adultes (moyenne d'âge de 30 ans) lors de leur étude prospective avec un suivi sur 10 ans.

MATERIELS ET METHODES

Deux groupes contrôle ont été créés : le premier avec 47 enfants de 9,5 ans en moyenne bénéficiant d'une disjonction rapide et le second regroupant 52 adultes traités orthodontiquement uniquement (sans randomisation).

L'appareil de Haas fut activé 1 fois par jour jusqu'à obtenir une bonne coordination des arcades.

Cependant, quelques consignes furent données aux adultes comme le fait de désactiver d'un tour si jamais des douleurs ou des signes d'inflammation apparaissaient. Les activations reprenaient après une semaine de repos.

RESULTATS

Un cinquième des adultes ont rapporté des sensations de douleurs et d'inflammation.

La distance intermolaire se voyait augmentée de 5,7mm en moyenne chez les enfants contre 5,5mm chez les adultes. La récurrence observée après un an sans contention était statistiquement significative pour les adultes mais sans réapparition d'articulé inversé.

Une différence majeure retrouvée entre les adultes et les enfants était la diminution de l'angle inter-molaires (synonyme de version). Les auteurs ne purent tirer de conclusions sur l'apparition de récessions gingivales.

- En 2006, Altug[8] et son équipe prétendent comparer le RME et le SARME chez l'adulte.

Mais l'analyse du protocole montre que les auteurs comparent les effets du SARME chez des patients de plus de 17 ans, et les effets du RME chez des patients de moins de 17 ans. De plus, en cas de douleurs ou de récessions parodontales, le protocole non chirurgical est abandonné au profit du SARME

- Le même souci apparaît dans l'étude de Sokucu[9] et son équipe.

Ils se proposent de comparer sur 2 ans la stabilité des effets dentaires entre les deux types de procédures. Cependant les populations ne sont pas comparables avec une moyenne d'âge de 12,7 ans pour le premier groupe et de 18,5 ans pour le second.

Pour conclure:

Ces différentes études qui semblent comparer les deux protocoles chez l'adulte sont en fait truffées de biais et surtout ne répondent pas vraiment à la question : est-ce que la disjonction non chirurgicale est une option thérapeutique valable dans certains cas de déficit transversal chez l'adulte ?

Il serait donc intéressant de mettre en place une étude qui compare, chez les adultes uniquement, les deux protocoles ainsi que les effets obtenus au niveau squelettique, alvéolaire et parodontal.

Cependant, même si elles ne sont pas très bien menées, ces publications permettent de se rendre compte que dans certains cas de déficit transversal léger le protocole RME semble envisageable. Essayons donc de comprendre pourquoi le protocole non-chirurgical échoue chez une partie des adultes et comment déterminer quel est le protocole le plus adapté pour le patient (rapport bénéfices/risques).

Les deux parties suivantes nous permettront de faire un bref rappel sur le processus de synostose de la suture (embryologique, radiologique, histologique, chronologique) et de nous pencher sur une des dernières études s'intéressant à la détermination de la maturation suturale.

2.2 PROCESSUS DE MATURATION DE LA SUTURE MEDIANE

Lorsque nous évoquons la suture médiane nous parlons en fait de deux sutures distinctes d'un point de vue anatomique : la suture inter-palatine et la suture intermaxillaire (Figure 2).

Elle est décrite par Jean Delaire[10] comme « un merveilleux joint de dilatation », possédant un rôle de rupteur et d'amortisseur.

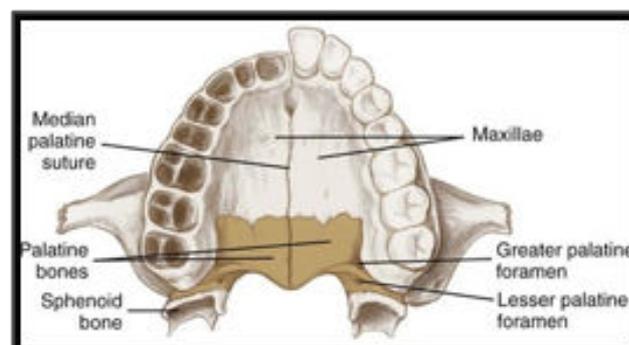


Figure 2 : Anatomie osseuse du palais, Image Google

2.2.1 Rappels embryologiques

Embryologiquement, la suture médiane provient, d'une part du bourgeon médian qui va donner le palais primaire (5ème semaine) et d'autre part des processus palatins latéraux, issus de la face profonde des bourgeons maxillaires qui vont réaliser le palais secondaire (6ème - 12ème semaine). (Figure 3)

Ainsi, les zones de fusion, de type synfibrose, des différents éléments vont donner la suture palatine médiane.

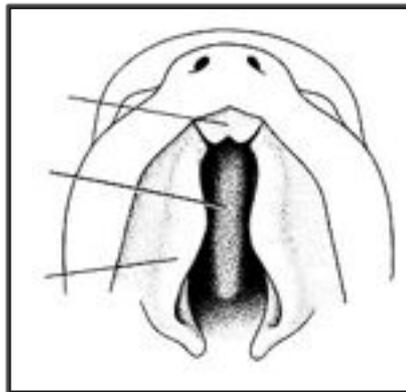


Figure 3 : schéma embryologique montrant le palais primaire et les processus palatins latéraux à la 8ème semaine in-utéro, d'après Moore et Persaud, chap11, p219-238.

Comme toutes les sutures de ce type, celle-ci va évoluer en trois stades différents au cours de sa maturation :

- le stade de synfibrose
- le stade de synarthrose
- le stade de synostose

Lorsque l'on se trouve en présence d'une suture synostosée cela signifie que les deux pièces osseuses sont liées de manière rigide.

Ce processus de calcification de la suture a beaucoup été étudié afin de savoir jusqu'à quel âge on pouvait utiliser des appareils orthopédiques et jouer sur la malléabilité de cet interface.

2.2.2 Rappels radiologiques

Melsen[11] et al. en 1975 ont étudié cette suture sur 60 enfants décédés de 0 à 18 ans. Ils ont montré que celle-ci présente trois stades différents au cours de sa maturation.

- Stade infantile 0 à 10 ans : la suture est rectiligne, large, et en forme de «Y». (Figure 4)

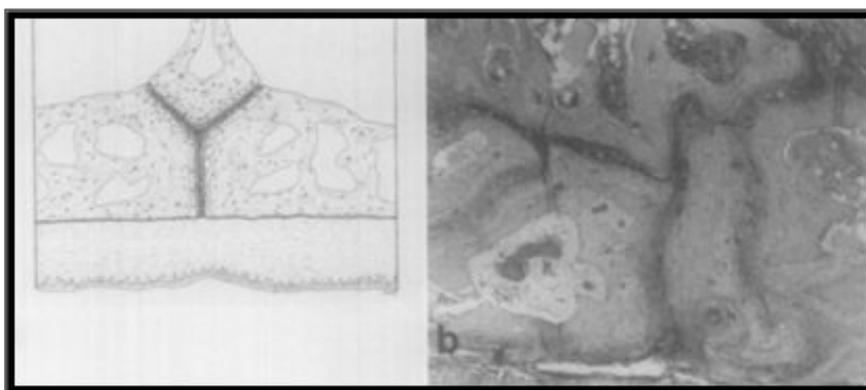


Figure 4 : stade infantile : à droite un schéma de l'auteur, et à gauche une vue au microscope de la suture,[11]

- Stade juvénile 10 à 13 ans, son trajet devient sinueux, des sections s'invaginent de part et d'autre. (Figure 5)

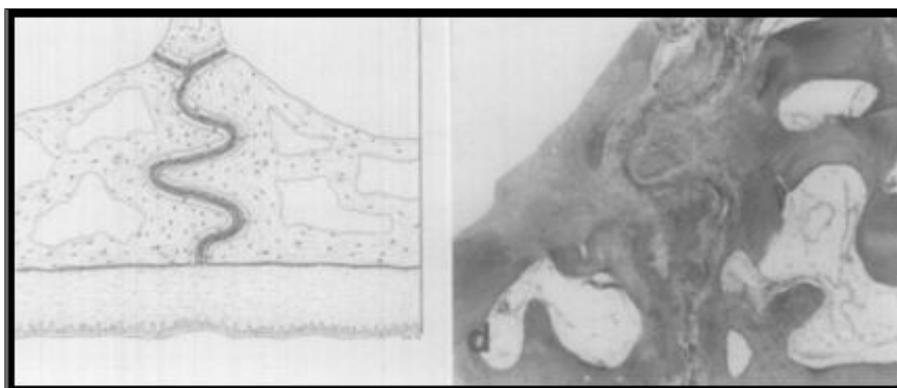


Figure 5 : stade juvénile : à droite un schéma de l'auteur et à gauche une vue au microscope de la suture, Melsen et al.[11]

- A l'adolescence, le trajet devient plus sinueux et les interdigitations sont plus importantes et rapprochées. (Figure 6)

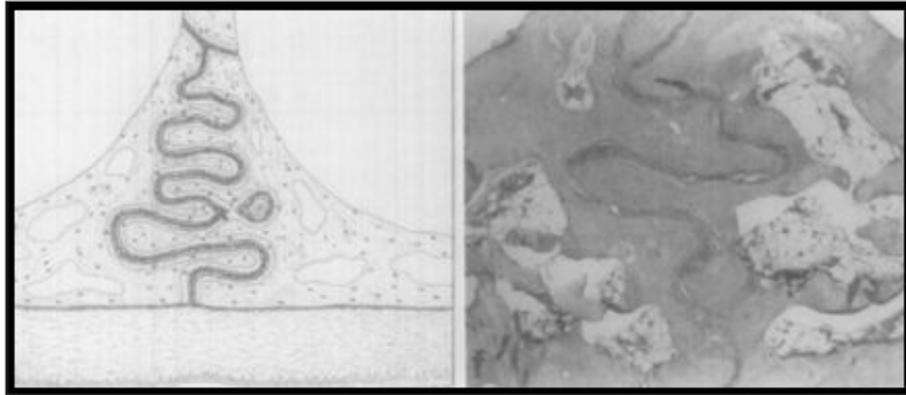


Figure 6 : stade adolescent : à droite un schéma de l'auteur et à gauche une vue au microscope de la suture, Melsen et al.[11]

2.2.3 Rappels histologiques

Les différents auteurs[12]–[15], sont unanimes sur les phénomènes accompagnant la transformation synarthrose/synostose.

- des spicules osseux et des îlots cellulaires se forment entre les deux berges de la suture. (Figure 7)

- le nombre de spicules osseuses augmentent avec la croissance de l'individu et les îlots commencent à se collapser, étant séparés par du tissu conjonctif. (Figure 7)

- les interdigitations entre les deux berges sont de plus en plus nombreuses. Celles ci se forment de la partie la plus postérieure de la suture en direction de la partie la plus antérieure. Ces interdigitations s'accompagnent de la résorption des corticales osseuses au niveau de la suture et de la formation d'os spongieux.

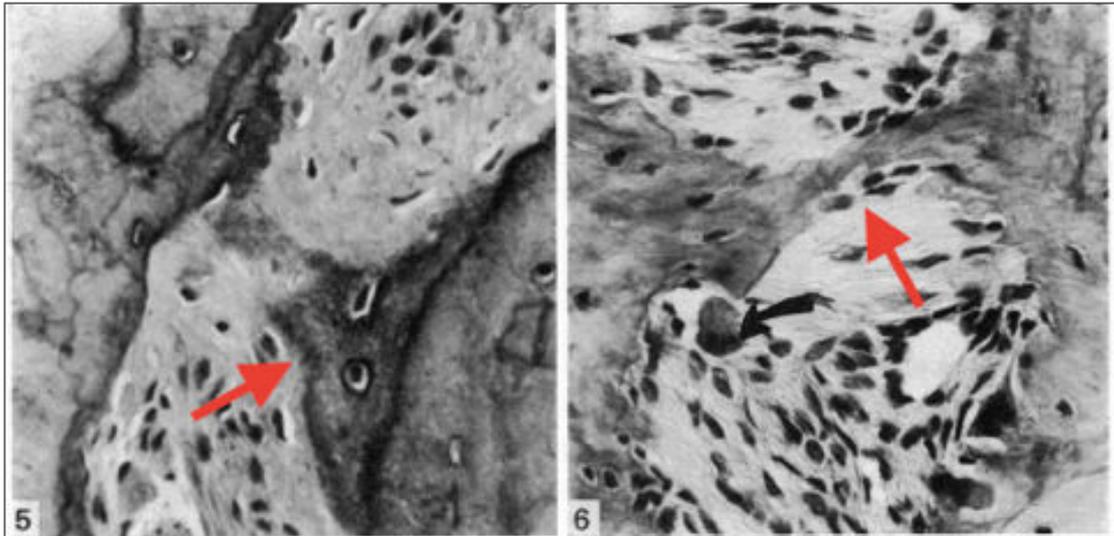


Figure 7 : A gauche : on aperçoit une spicule osseuse en cours de formation. On remarque la présence d'ostéocytes au milieu de la néoformation osseuse (Coloration : éolien de Mayer, *250)

A droite : les deux spicules se rejoignent pour former un pont osseux entre les deux berges de la suture. La flèche noire incurvée indique la présence d'un ostéoclaste, nécessaire au renouvellement de ce pont néoformé (Coloration : éolien de Mayer, *250). [16]

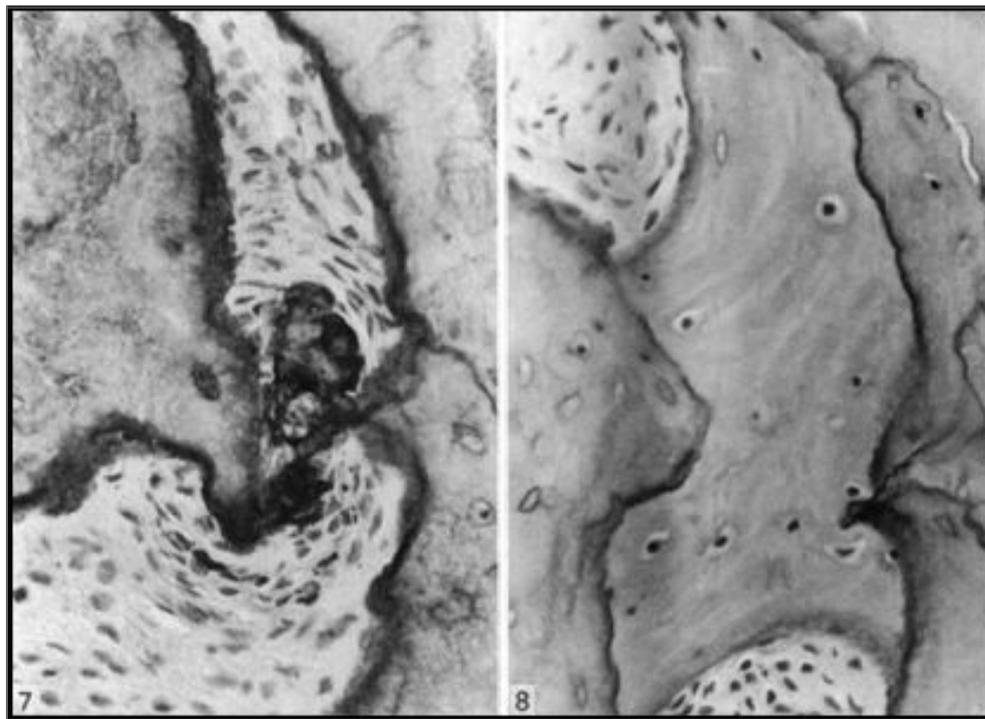


Figure 8 : A gauche : chez cet homme de 23 ans, la suture est partiellement oblitérée par cette masse calcifiée et inhomogène ressemblant à un ancien pont osseux fracturé (Coloration : éolien de Mayer, *250)

A droite : présence d'un véritable pont osseux entre les deux berges de la suture (Coloration : éolien de Mayer, *250) [16]

2.2.4 Chronologie

- Person et Thilander[16] ont étudié des sutures chez des cadavres de 15 à 35 ans et ont conclu que la calcification pouvait commencer dès l'adolescence mais qu'un haut pourcentage d'ossification était rarement observé avant le début de la troisième décennie (en moyenne 5% de la suture est oblitérée à 25 ans).

La suture se ferme comme une fermeture éclair de la zone postérieure à la zone antérieure.

- Knaub[13] qui a lui aussi étudié histologiquement 22 sutures de cadavre arrive à deux conclusions statistiquement significatives :
 - la largeur de la suture est plus importante chez des patients de moins de 25 ans ($p=0,05$)
 - la suture est plus ossifiée chez les personnes de plus de 25 ans ($p = 0,036$)

Cependant le taux de calcification maximum était **de 13%** chez un sujet de 44 ans et la moyenne pour tous les participants était de **3%**.

- Korbmacher [14] dans son étude de 2007 a classé les 28 participants en trois catégories d'âge : inférieur à 25 ans, entre 25 et 30 ans et supérieur à 30 ans. La suture a été étudiée par analyse CBCT et les résultats sont significatifs uniquement dans la dimension sagittale où l'on retrouve une ossification plus élevée pour les patients entre 25 et 30 ans. L'auteur conclut que le taux d'interdigitation est indépendant de l'âge du patient.

L'ensemble de ces études démontre donc une grande variabilité de la fusion de la suture palatine sans relation directe avec l'âge du patient notamment chez l'adulte jeune.

Ce sont donc toutes ces variabilités qui ont conduit les équipes (orthodontistes/chirurgiens maxillo-faciaux) à définir leur propre âge limite à la

thérapeutique orthopédique.

Auteurs	Age à partir duquel la chirurgie est préconisée
Epker et Wolford [17]	16 ans
Timms and Vero [18]	25 ans
Mossaz et al. [19]	20 ans
Mommaerts [20]	14 ans
Alpern et Yurosko [21]	20 ans pour les femmes et 25 ans pour les hommes

Il semblerait donc nécessaire et intéressant de déterminer le stade de maturation de la suture médiane avant de proposer l'une ou l'autre des solutions thérapeutiques (SARME vs RME), afin de proposer une thérapeutique basée sur des éléments cliniques, étant donné le manque de concordance entre maturation suturale et âge civil.

2.3 ETUDE CBCT DU STADE DE MATURATION DE LA SUTURE

L'équipe de travail de Angeliéri[22] s'est donné comme objectif de déterminer une classification du stade de maturation de la suture grâce à l'imagerie tridimensionnelle et non pas comme cela était réalisé auparavant par radiographie occlusale et/ou âge civil. Cela permet de s'affranchir des superpositions du vomer ou autres structures du nez qui nuisent à une interprétation correcte.

2.3.1 Matériel et méthodes

Des CBCT ont été réalisés sur 140 patients âgés de 5,6 à 58,4 ans avant tout traitement orthodontique afin d'apporter des éléments supplémentaires pour le

diagnostic. Ces derniers ont été répartis en quatre catégories d'âge comme le montre le tableau suivant.

Sexe	5 à 11 ans	11 à 14 ans	14 à 18 ans	Plus de 18 ans	Total
Femmes	24	24	19	19	86
Hommes	4	24	13	13	54
Total	28	48	32	32	140

Les auteurs ont alors défini cinq stades de maturation de la suture médiane, en se basant sur les précédents travaux réalisés par Melsen, Thilander, Knaup...[11]–[13], [16]

- stade A : ligne de haute densité sans interdigitation
- stade B : ligne irrégulière et festonnée de haute densité
- stade C : deux lignes de haute densité sont séparées par un petit espace radiotransparent au niveau des os maxillaires et palatins
- stade D : fusion de la suture dans la région postérieure au niveau des os palatins mais non au niveau des os maxillaires
- stade E : fusion complète des sutures intermaxillaires et interpalatines

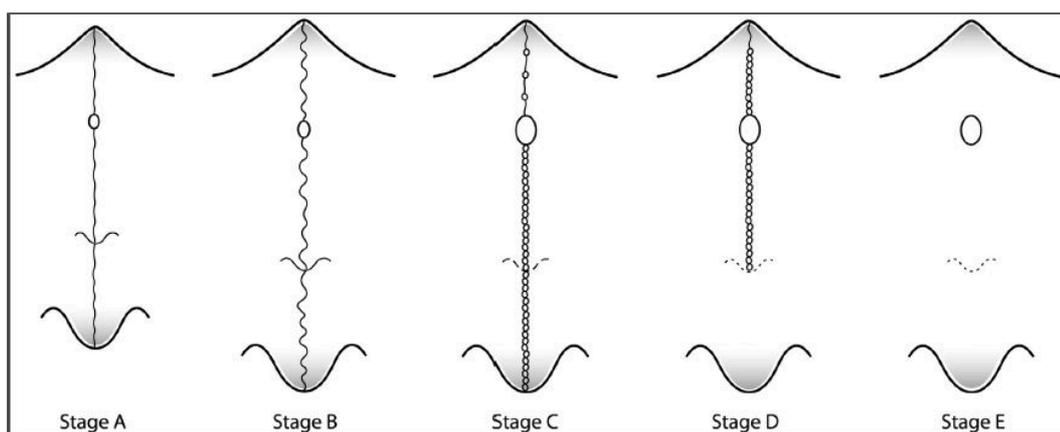


Figure 9 : Classification des différents stades de maturation de la suture , Angelieri et al. [22]

Le schéma représentant les cinq stades est indicatif et de nombreuses variations peuvent exister. Le diagnostic, comme l'indique les auteurs, doit être réalisé en fonction de l'arbre

décisionnel ci-dessous.

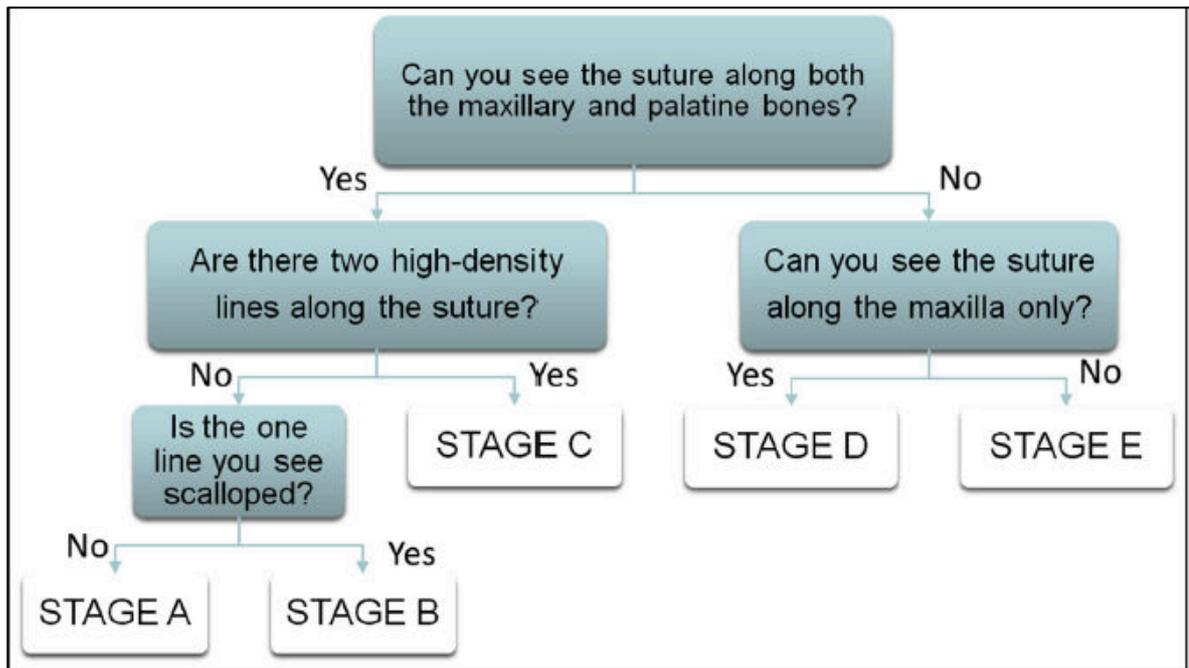


Figure 10 : arbre décisionnel, [22]

2.3.2 Résultats

Comme le montre le tableau récapitulatif (Figure 11), on retrouve une très grande variabilité entre les groupes.

Stage	5-<11 y		11-<14 y		14-18 y		>18 y		Total
	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	
A	3	1	0	1	0	0	0	0	5
B	19	3	12	16	3	3	1	0	57
C	2	0	6	7	5	7	3	1	31
D	0	0	1	0	3	3	7	3	17
E	0	0	5	0	8	0	8	9	30
Total	24	4	24	24	19	13	19	13	140

Figure 11 : Répartition des stades de maturation de la suture après études CBCT, Angelieri et al. [22]

Cette étude confirme les précédentes études 2D en ce qui concerne l'âge du patient qui ne peut à lui seul nous indiquer le stade de maturation suturale. Par exemple, dans la catégorie 11-14 ans tous les stades sont présents.

Cependant, cette classification en 5 stades semble cependant être plutôt réaliste car elle va dans le sens des différentes études histologiques : plus les patients sont âgés et plus les

stades de maturation D et E apparaissent fréquents (53% pour E et 35 % pour D dans la dernière catégorie d'âge).

2.3.3 Discussion

La suite de ce premier travail a été publiée en 2015[23], avec des cas cliniques illustrant la réussite de protocole RME chez des patients âgés en stade B ou C mais aussi des échecs avec douleurs, problèmes parodontaux et non-ouverture de diastème.

Il serait donc normal de penser que cette classification ne reflète pas très bien la réalité physiologique de la suture.

Or, en 2013 Krukemeyer[24], a démontré dans son étude qu'il y avait une corrélation forte entre le stade de maturation de la suture (méthode Angelieri) et le stade de maturation des vertèbres cervicales (Méthode de Baccetti[25]), qui est une méthode validée depuis plus de 10 ans.

Ces échecs comme l'expliquent les auteurs seraient donc attribués à la fusion d'autres sutures périmaxillaires.

Par conséquent, cette évaluation individuelle de la maturation de la suture médiane a le potentiel de permettre le développement d'un guide de diagnostic plus fiable pour la prédiction du succès ou de l'échec du RME, principalement pour les patients adolescents et adolescents tardifs pour lesquels le pronostic RME est discutable.

Des études futures seraient intéressantes pour étendre l'application de cette méthode à d'autres sutures périmaxillaires.

2.4 ROLE DES SUTURES PERIMAXILLAIRES

2.4.1 Rappels

Cette première partie nous a apporté plusieurs informations essentielles sur la suture palatine et les moyens traditionnels de remédier à une endognathie maxillaire.

- ❖ la disjonction rapide non chirurgicale semble pouvoir donner de bons résultats cliniques même chez l'adulte en fin de croissance
- ❖ celle-ci peut s'accompagner d'effets secondaires importants (douleurs, œdèmes, récessions parodontales, récurrences...)
- ❖ l'ossification de la suture palatine se fait de la partie la plus postérieure à la partie antérieure selon un processus de synfibrose/ synostose
- ❖ le taux d'ossification reste très bas (environ 3%) et celui-ci semble être indépendant de l'âge du patient même si une corrélation existe.

Toutes ces conclusions nous amènent donc à penser que la synostose de la suture médiane ne peut pas être responsable à elle seule des échecs de disjonction classique chez l'adulte.

2.4.2 Les sutures péri-maxillaires, zones de résistance majeures

- Il y a plus de 20 ans déjà, les études démontraient qu'aux cotés de la suture médiane palatine, les sutures périmaxillaires (zygomatoco-maxillaires, zygomatoco-temporales et ptérygo-maxillaires) représentaient les premières zones de résistance du maxillaire lors du processus d'expansion [26]-[27].
- En 2002, Jaffari et al.[28] ont étudié la distribution des forces sur les structures craniofaciales lors d'une disjonction rapide. Cette étude 3D fut réalisée sur un crâne artificiel généré à partir d'un crâne sec.

Après RME (2 activations par jour), il en ressort que des forces sont exercées sur tout le complexe craniofacial et plus particulièrement au niveau de la suture palatine, des zygomatiques et du sphénoïde.

Ces observations vont dans le sens de celles de Kennedy[29] en 1976 qui concluait déjà que la plus grande résistance à la disjonction rapide n'était pas la suture médiane mais les articulations du maxillaire avec les os adjacents.

- Une seconde étude de 2011 [30], a étudié par CBCT les effets sur les sutures maxillaires et périmaxillaires (10 au total comme le montrent les figures 12 et 13) d'une disjonction non chirurgicale chez 20 patients de 13 ans environ.

Les auteurs concluent à une augmentation statistiquement significative de la largeur au niveau de la suture intermaxillaire, internasale et nasomaxillaire droite et gauche. Cependant aucune différence significative n'est observée au niveau zygomatocomaxillaire et ptérygomaxillaire.

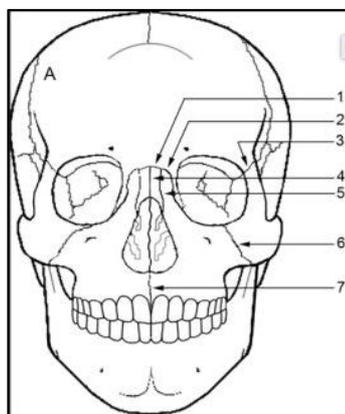


Figure 12 : crâne de face montrant les différentes sutures étudiées [30]

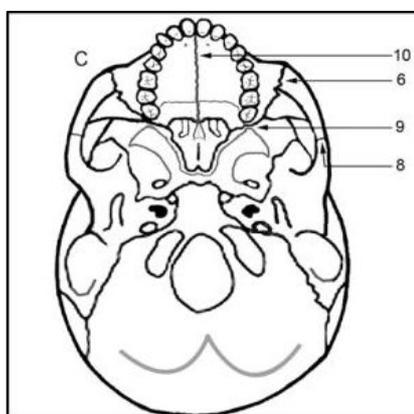


Figure 13 : crâne vue de dessous montrant les différentes sutures étudiées [30]

Il en ressort que des forces importantes sont exercées sur toutes les sutures maxillaires lors du processus de disjonction rapide. Cependant ces forces ont des conséquences orthopédiques uniquement si elles sont encore mobilisables (absence de synostose complète).

On comprend donc bien que les sutures ptérygomaxillaires et zygomaxillaires, fortement sollicitées pendant la disjonction semblent être déjà en partie ossifiées et sont donc des obstacles supplémentaires à la correction d'un déficit transversal.

- Les études de Melsen[31] permettent bel et bien de confirmer que les interdigitations osseuses deviennent très importantes au niveau de la suture ptérygomaxillaire à partir de 12 ans et que celle ci ne peut répondre favorablement à la disjonction sans microtraumatisme.
- Lines, Bell et Epker [32]-[33] vont également dans ce sens en annonçant que les raisons de leurs échecs lors de la RME sont la rigidité importante du squelette facial notamment au niveau des sutures zygomaxillaires.

2.5 LES INDICATIONS DE LA DISTRACTION MAXILLAIRE

Cette première grande partie nous permet donc de comprendre pourquoi un recours à un protocole orthochirurgical semble nécessaire dans bon nombre de situation où les patients adultes présentent une endognathie maxillaire.

Effectivement malgré quelques cas documentés de succès chez ces derniers, la RME semble avoir ses limites chez le patient en fin de croissance à défaut de provoquer douleurs, oedèmes, récessions parodontales et compensations alvéolaires. Ceci s'explique par des sutures maxillaires (médiane palatine) et surtout périmaxillaires en cours d'ossification ou complètement ossifiées qui s'opposent fortement au processus d'expansion maxillaire.

On peut donc conclure que le choix, face à une endognathie maxillaire se fera selon plusieurs critères comme le suggère Suri[34] dans sa revue de littérature :

- **l'âge du patient** (même si les limites sont très variables d'un auteur à l'autre).
- **l'anamnèse médicale** du patient (certaines études démontrent que la synostose est plus précoce en présence d'hyperthyroïdisme, hypophosphatémie liée à l'X, mucopolysaccharidoses et mucopolipidoses).

De plus, certains syndromes comme la craniosynostose sont connus pour provoquer des synostoses beaucoup plus précoces des os du complexe cranio-facial.

- **l'expansion nécessaire** : de nombreux auteurs comme Betts [35] certifient que plus la quantité d'expansion requise est importante plus la solution chirurgicale s'avère indispensable. Il fixe cette limite à 5 mm. Ceci est à reconsidérer en fonction de l'inclinaison des molaires qui peuvent camoufler un déficit transversal plus important.
- **l'état parodontal de la denture** : avec une importance du biotype. Cette partie sera abordée plus en détail dans le chapitre sur les conséquences parodontales de la distraction maxillaire.
- **les bienfaits ventilatoires de la distraction**. Les études ont en effet démontré qu'en présence de difficultés respiratoires (troubles du sommeil, apnées/hypopnées), la distraction maxillaire apportait une augmentation du volume nasal et en conséquence une meilleure respiration nasale. (Wriedt[36])

Nous verrons donc dans cette seconde grande partie quelles sont les questions auxquelles le chirurgien maxillo-facial doit trouver des réponses dans une littérature riche et variée.

3 PROCEDURE CHIRURGICALE : DU POINT DE VUE DU CHIRURGIEN

Tout d'abord il semble important de bien redéfinir ce qui différencie la distraction chirurgicale de la disjonction chirurgicale du maxillaire.

La *disjonction chirurgicale* (malgré son nom), ne nécessite pas de disjoncteur.

C'est la procédure de choix lorsque le patient doit également bénéficier d'une chirurgie pour corriger la dysmorphose dans la dimension verticale et/ou antéropostérieure.

Le gain transversal est alors obtenu grâce au Lefort1. Dans le même temps opératoire, le chirurgien en profite pour séparer les deux hémimaxillaires (de la distance souhaitée) et fixer cela par des vis et plaques d'ancrage en titane. Cette disjonction est limitée par l'élasticité de la muqueuse. Les auteurs s'accordent sur un maximum de 5mm.

La *distraction chirurgicale* quant à elle nécessite un disjoncteur. Les deux protocoles énoncés dans le Journal de Chirurgie Orale et Maxillo-faciale de 2009 [37], seront décrits dans le chapitre suivant.

La première fois que la technique a été décrite en 1860 par Angell [38], cela consistait en une fracture de la suture médiane du palais. Durant la première moitié du 20ème siècle, il n'y a eu quasiment aucune évolution de cette dernière. Par la suite, de nombreuses procédures chirurgicales ont été imaginées afin de supprimer un maximum de zones de résistance à l'expansion latérale.

Ces zones de résistance ont été classées de la manière suivante :

- médiane : suture synostosée médiane du maxillaire(I)
- antérieure : apophyses piriformes (II)
- latérale : piliers zygomatiques (III)
- postérieure : jonction ptérygomaxillaire (IV)

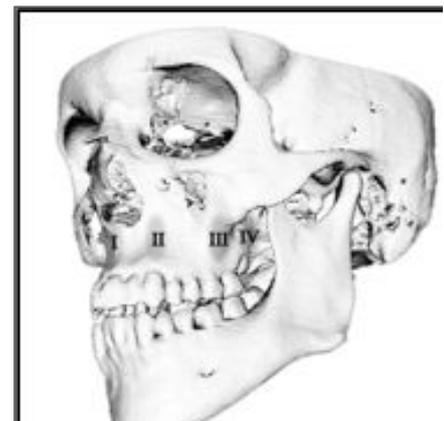


Figure 14 : Les différentes zones de résistance du maxillaire supérieur, [35]

3.1 PROTOCOLES CHIRURGICAUX DE LA DISTRACTION

MAXILLAIRE

La technique de distraction chirurgicale « classique » a été exposée dans une revue de la littérature de Chranovic[37] en 2009.

L'objectif de la procédure est de maximiser les effets squelettiques et de minimiser les effets de compensations alvéolaires tout en évitant au maximum les complications.

Il différencie deux techniques : *avec ou sans ostéotomie des ptérygoïdes*.

3.1.1 Distraction sans ostéotomie ptérygoïdienne

Le disjoncteur est scellé au préalable par l'orthodontiste.

Celle-ci peut être pratiquée en ambulatoire, sous sédation orale avec une anesthésie locale qui aura comme objectif d'anesthésier :

- partie antérieure, moyenne et postérieure du nerf alvéolaire
- nerf nasopalatin
- nerfs bilatéraux palatins postérieurs

Les incisions muqueuses sont situées au dessus de la crête maxillozygomatique (bilatéralement), afin de pouvoir procéder aux ostéotomies au dessus des apex dentaires dans le but de préserver leur vitalité.

Une incision en forme de V est réalisée au niveau du frein labial supérieur et l'ostéotomie s'étend de l'épine nasale antérieure à l'épine nasale postérieure, afin de détacher le maxillaire au niveau de la suture palatine médiane.

La muqueuse palatine est supposée rester intacte en plaçant ses doigts au niveau palatin afin de sentir la séparation osseuse et la proximité des ciseaux à os.

Le disjoncteur est ensuite activé pour vérifier que les deux hémimaxillaires se séparent.

Les sutures sont effectuées.

3.1.2 Distraction avec ostéotomie ptérygoïdienne

Le disjoncteur est scellé au préalable par l'orthodontiste.

La distraction cette fois ci a lieu sous anesthésie générale à laquelle s'ajoute une anesthésie locale avec vasoconstricteur pour réduire au maximum le saignement des tissus mous.

L'incision se fait de prémolaire à prémolaire afin de dépérioster les faces antérieures du maxillaire. Tous les traits d'une ostéotomie de type Lefort 1 sont effectués : parois maxillaires, cloisons intersinuso-nasales, jonction septo et voméro-maxillaire.

L'ostéotomie ptérygoïdienne est réalisée bilatéralement avec des ciseaux à bouts ronds.

De plus, comme pour l'autre type de distraction, une ostéotomie de l'épine nasale antérieure à l'épine nasale postérieure afin de détacher le maxillaire au niveau de la suture médiane est réalisée.

Les mêmes précautions sont prises pour préserver la muqueuse palatine.

Un dernier trait d'ostéotomie s'étend du plancher nasal jusqu'à la zone tubérositaire au niveau de la jonction ptérygoïdienne.

Le disjoncteur est ensuite activé pour vérifier que les deux hémimaxillaires se séparent.

Les dents de sagesse sont avulsées si besoin.

Les sutures sont effectuées.

Lorsque l'on se penche sur la littérature, on peut observer qu'il n'y a pas deux écoles différentes en fonction des traits d'ostéotomie et du type d'anesthésie mais que les protocoles se recoupent entre eux et sont très variables en fonction du chirurgien.

De plus, l'anesthésie locale est peu utilisée par rapport à l'anesthésie générale. Pourtant, en 2016, Laino [39] et al. ont comparé le ressenti du patient au niveau du confort et des douleurs entre une distraction maxillaire et l'avulsion de dents de sagesse mandibulaire incluses. Ils n'ont pas mis en évidence de différence significative.

3.2 CHOIX DU PROTOCOLE CHIRURGICAL

3.2.1 A propos de la disjonction ptérygoïdienne

Comme évoqué dans la première partie, la jonction ptérygomaxillaire semble être une zone de résistance importante lors du processus de distraction.

3.2.1.1 Etudes in-vitro

Grâce à la méthode des éléments finis (FEM), Holberg[40] et son équipe ont étudié les contraintes transmises à la base du crâne et à la face médiane entre une distraction avec ou sans séparation du ptérygomaxillaire.

Des plus faibles contraintes ont été mesurées au milieu de la face et au niveau basicranien après séparation ptérygomaxillaire comme le montrent le schéma suivant (Figure15) :

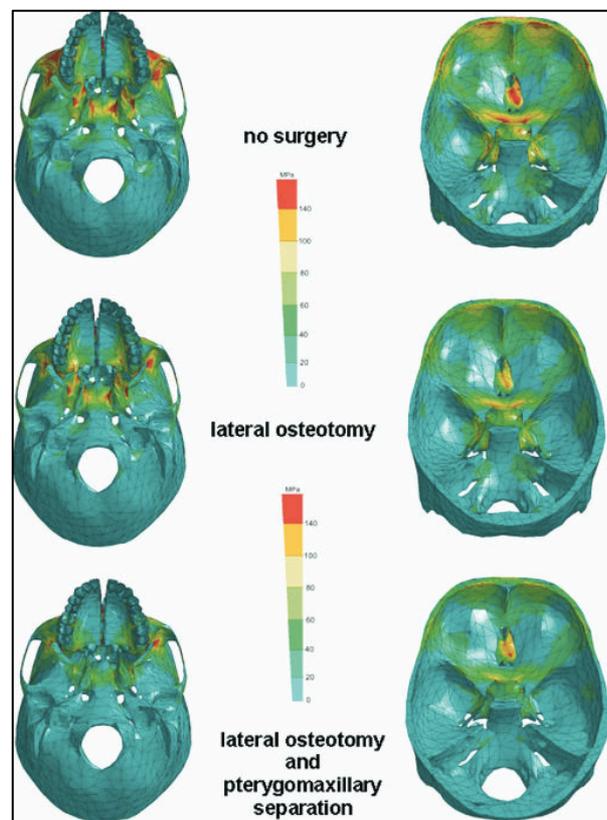


Figure 15 : illustrant la répartition des contraintes en fonction du type de chirurgie, [40]

Regardons maintenant d'un peu plus près si les études cliniques viennent confirmer les conclusions de cette étude in-vitro.

3.2.1.2 Etudes in-vivo

- En 1992, Bays and Greco[41] rapportent qu'une disjonction soigneuse des processus ptérygoïdes entraîne une plus grande expansion postérieure.
- A l'inverse, l'étude de Han et al.[42] en 2006, comprenant 18 patients retrouve une plus forte expansion maxillaire postérieure dans le groupe ne bénéficiant pas d'ostéotomie ptérygoidienne.
- Dans leur étude à la fois rétrospective et prospective, Laudemann[43] et son équipe ont fait une comparaison tridimensionnelle, entre les deux types d'ostéotomies. Grâce aux 50 patients inclus, ils tirent plusieurs conclusions.
 - l'expansion antérieure est plus importante avec disjonction ptérygoïdienne.
 - dans les deux groupes l'expansion est plus importante en antérieur qu'en postérieur.

Ils concluent finalement qu'il n'y a pas une différence significative entre les deux techniques et que le choix doit se faire en fonction de l'âge du patient (+/- 20 ans) et la quantité de d'expansion nécessaire.

- Vasconcelos et al.[44] ont comparé deux groupes randomisés de 5 patients âgés de 18 à 40 ans : le groupe contrôle A (-PP) et le groupe B (+PP).

Une disjonction antérieure plus importante a eu lieu dans le groupe A alors que c'est l'inverse dans la zone postérieure.

- L'équipe turque de Kilic[45] a comparé les deux types d'ostéotomies en se servant des modèles en plâtre. Dix huit patients ont été inclus dans cette étude (8 +PP/ 10 -PP). Les résultats montrent peu de différences. Il semble cependant que l'action soit plus

« basale » dans le groupe +PP que dans le groupe -PP. En effet, dans le premier groupe on retrouve une plus forte augmentation de la largeur du palais que dans le groupe 2 ainsi que moins de vestibuloversion molaire (11,25° de différence).

Dans le groupe 2, l'expansion est plus importante que dans le groupe 1 au niveau de la jonction amérodentinaire, ce qui signifie que l'on a plus d'effets alvéolaires.

- Plus récemment, Sygouros[46] a mis en place une étude rétrospective à l'aide d'examen CBCT réalisés avant la distraction, à 3 mois et 6 mois post-opératoire. Les comparaisons entre les deux groupes de 10 patients ont été réalisées grâce à 20 lignes et 7 valeurs angulaires.

Les deux techniques opératoires semblent efficaces pour corriger une endognathie maxillaire chez un patient adulte.

Ils notent cependant une version vestibulaire plus importante (mais non statistiquement significative) dans le groupe sans ostéotomie ptérygoidienne.

De plus la disjonction est plus importante secteur prémolaire si la distraction est totale.

- Les trois dernières études citées ci-dessus sont les seules qui remplissent les critères d'inclusion de la méta-analyse de Sangsari[47] en 2015, malgré une présélection de 125 articles.

L'objectif est d'évaluer ce que l'on peut espérer comme expansion antérieure et postérieure lors du processus de distraction maxillaire avec ou sans disjonction ptérygomaxillaire.

Au total, la méta-analyse comprend 25 patients (+PP) et 23 patients (-PP).

L'analyse statistique avec un large intervalle de confiance (95%), nous donne une valeur-p de 0,965 en antérieur et de 0,476 en postérieur ce qui signifie qu'il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les deux types de procédures.

La littérature ne peut conclure quant à la nécessité de la disjonction ptérygomaxillaire lors de la distraction maxillaire et recommande la réalisation de nouvelles études de haut grade avec de plus amples échantillons.

De plus, malgré les conclusions de certaines précédentes études il n'est pas certain que la distraction simple ait un effet plutôt antérieur et la distraction avec ostéotomie ptérygoidienne un meilleur effet postérieur.

- C'est pour tenter de répondre à cette absence d'étude de haut grade que Zandi[48] et son équipe ont mis en place en 2016 un essai contrôlé, en double aveugle.

30 patients ont été répartis en deux groupes de 15. Les patients ont été opérés par le même chirurgien, et pour la première fois le choix entre les deux techniques s'est fait par randomisation et non en fonction des conditions cliniques et de l'appréciation du chirurgien. Le disjoncteur utilisé était un Hyrax laissé en contention 4 mois après activation.

Après analyse de CBCT en aveugle, et comparaison par test t de Student, les auteurs ne montrent pas de différences statistiquement significatives entre les deux groupes tant au niveau de l'expansion maxillaire que des complications (hémorragies, paresthésies, vitalité dentaire, infection, problèmes parodontaux et résorptions radiculaires).

POUR CONCLURE :

Voici un tableau qui récapitule les différentes études qui se sont intéressées au sujet ainsi que leurs principales conclusions. Le dégradé de couleur correspond au niveau de preuve des études.

Auteur	Année de publication	Caractéristiques de l'étude	Principales conclusions
Bays [41]	1992	Rétrospective, sur modèles d'études	Plus grande expansion postérieure si disjonction ptérygoïdienne
Han [42]	2006	Rétrospective, sur modèles d'études	Plus forte expansion postérieure si pas de disjonction ptérygoïdienne
Laudemann [49]	2009/2010	Prospective, sur modèles d'études	Expansion antérieure plus importante si disjonction ptérygoïdienne
Vasconcelos [44]	2006	Etude prospective randomisée	Expansion antérieure plus importante sans disjonction ptérygoïdienne
Kilic [45]	2013	Rétrospective, sur modèles d'études	Plus d'expansion squelettique si disjonction ptérygoïdienne
Sygyouros [46]	2014	Rétrospective, avec CBCT	Plus de version des procès alvéolaires sans disjonction ptérygoïdienne
Sangari [47]	2015	Méta-analyse	Pas de différences statistiquement significatives entre les deux techniques
Zandi [48]	2016	Essai contrôlé randomisé, en double aveugle	Pas de différences significatives d'expansion ou en terme de complications post-opératoires
Ferraro-Bezerra [50]	2017	Essai contrôlé randomisé, en double aveugle	Pas de différences significatives entre les deux techniques chirurgicales

On ne peut donc conclure, quant à la supériorité de l'une ou l'autre des procédures malgré les suppositions émises par de nombreux auteurs.

Pour reprendre la conclusion de la méta-analyse[47], la décision devra se prendre en combinant différents facteurs : âge du patient (+/- 20 ans), quantité d'expansion, biotype parodontal, expérience et intuition du chirurgien.

3.2.2 Traits d'ostéotomies et résultats

Tout comme pour la zone ptérygomaxillaire, il existe de nombreuses divergences entre les chirurgiens quant aux ostéotomies. Nous allons nous pencher sur ces différences et voir si un consensus existe.

La raison d'être d'une chirurgie plus étendue sera de faciliter l'expansion du squelette, afin de minimiser les forces d'expansion sur les dents et les conséquences qui en découlent (résorptions, extrusion, problèmes parodontaux et récurrence post chirurgicale).

- En 1981, Timms et Vero[18] proposent une ostéotomie de la suture médiane uniquement pour les patients de moins de 30 ans. Agés de 30 à 40 ans, les patients bénéficieront en plus d'ostéotomies latérales. Quant à ceux de plus de 40 ans, les chirurgiens pratiqueront également un trait d'ostéotomie antérieure (Figure 16).

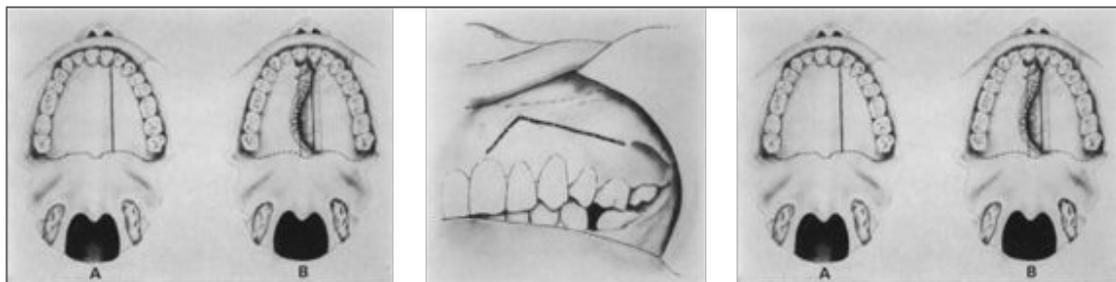


Figure 16 : traits d'ostéotomie proposés par Timms et Vero [18]

- Huit ans plus tard, Lehmann et Haas[51] recommandent au contraire uniquement une ostéotomie bilatérale sans toucher à la suture médiane estimant que la suppression de la résistance des piliers zygomatiques était suffisante.

- Pogrell[52] combine les deux techniques précédentes (ostéotomie latérale et de la

suture médiane).

- Betts et Ziccardi[53] estiment qu'il est indispensable de sectionner toutes les articulations du maxillaire pour que celui-ci soit complètement libre. Le trait d'ostéotomie s'étend donc des apophyses piriformes à la jonction ptérygomaxillaire. La suture médiane est également fracturée.

De plus, le septum nasal et les plaques ptérygoïdes sont libérés.

- L'équipe de Bays[41] et celle de Northway et Meade sont quant à elles d'accord sur la nécessité de ne pas séparer le maxillaire des ptérygoïdes.

- Enfin, dernièrement Habersack[54] nous a fait part de sa méthode qui consiste en une mobilisation complète grâce à une ostéotomie aboutissant à trois pièces distinctes (Figure 17)

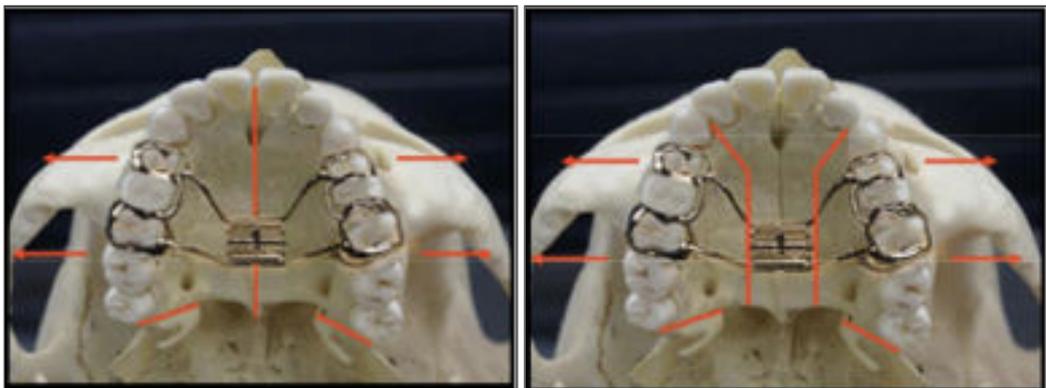


Figure 17 : A gauche : traits d'ostéotomie classique aboutissant à deux pièces

A droite : Ostéotomie tri-partite aboutissant à trois pièces osseuses [54]

Les résultats de cette étude ont confirmé l'hypothèse selon laquelle les deux techniques chirurgicales peuvent fournir une expansion suffisante du maxillaire.

Après 12 mois, les deux groupes ont montré une récurrence, principalement dentaire et, dans une moindre mesure squelettique.

Cependant cette étude de cohorte rétrospective est biaisée par le fait que le choix entre

les deux techniques s'est fait par concertation entre chirurgien et orthodontiste de manière à ne pas endommager les racines dentaires.

Les seuls avantages de cette technique sont énoncés ainsi par l'auteur :

- Un niveau plus élevé de confort du patient peut être atteint en évitant un diastème médian important et esthétiquement gênant après SARME.

- Le risque d'endommager les racines des incisives centrales est réduit en présence d'encombrement (mais on risque d'endommager les racines des incisives latérales et/ou canines).

- Les diastèmes plus petits entre les incisives latérales et les canines tendent à disparaître plus rapidement.

- La déviation de la cloison nasale et la déformation de la columelle ne se produisent pas lors d'une intervention SARME 3 pièces.

▪ De plus, de nombreuses variations ont été recommandées en fonction de l'âge du patient, la présence de torus palatin, de dents manquantes, de béance, de recours à une seconde chirurgie, de la forme d'arcade... (Betts and Ziccardi[53], Morselli[53], [55])

Durant leur revue de littérature de 2008, après avoir listé toutes les procédures chirurgicales possibles, Suri et Taneja [34] concluent qu'il n'y a pas de consensus : la détermination des différentes ostéotomies devraient être dépendante des zones de résistance de chacun.

Dans tous les cas il semble indispensable de trouver un juste équilibre entre une chirurgie importante pour une bonne mobilisation des fragments osseux et une approche minimale pour éviter un maximum de complications per et post-opératoires.

3.3 LES COMPLICATIONS PER ET POST-OPERATOIRES EN FONCTION DES PROCEDURES

Selon Bays and Greco[41], comparativement aux autres opérations de chirurgie orthognathique, la distraction est traditionnellement considérée comme comportant peu de risques de complications.

Cependant, la littérature rapporte tout de même de multiples complications que le chirurgien et l'orthodontiste se doivent d'avoir à l'esprit lorsqu'ils proposent la distraction à leur patient.

Celles-ci peuvent être de deux ordres : **chirurgicales et/ou dento/parodontales.**

Etant donné que nous nous intéressons au volet chirurgical, nous ne mentionnerons pas dans cette partie les complications dentaires et parodontales.

3.3.1 Les complications habituelles

3.3.1.1 Les hémorragies

Qu'elles soient en per ou post-opératoires, celles-ci sont peu fréquentes comparativement aux autres opérations de chirurgie maxillo-faciales réalisées [56].

- Dans leurs études rétrospective de 2014 et 2015 Verquin[57] et Dergin[58] doivent faire face respectivement à 18,9% et 20% d'hémorragies. Aucune n'a perduré plus d'une semaine.

- Selon Betts[53], le risque augmente en per-opératoire si l'on procède à la séparation des lames ptérygoidiennes et du maxillaire.

Effectivement, Fonseca[35] décrit que lors de cette opération la possibilité de perforer l'artère alvéolaire postérosupérieure (qui dérive de la branche terminale de l'artère maxillaire) ou le plexus veineux ptérygoidien est accrue. Il ajoute qu'une distance moyenne de 25 mm existe entre la zone de séparation osseuse et le plexus vasculaire à risques d'hémorragies (indépendamment des variations anatomiques individuelles).

Ce dernier estime que les hémorragies sévères nécessitant une transfusion sanguine, une prise en charge en urgence ou une hospitalisation prolongée sont quasiment nulles si le chirurgien ne procède pas à la séparation de la zone ptérygomaxillaire.

Les hémorragies au niveau nasal sont fréquemment décrites dans la littérature. Elles seraient la conséquence d'un traumatisme de la muqueuse nasale durant la séparation de la suture médiane.

- Verquin[57] rapporte que 8% de ses patients opérés présentent un épistaxis post-opératoire.
- Mehra[56] décrit quant à lui un cas d'épistaxis majeur qui a nécessité une transfusion sanguine.

3.3.1.2 Lésion ou atteinte de la branche du nerf maxillaire

Celle-ci entraîne une paresthésie.

Cette dernière est retrouvée chez 29% des patients pour Verquin[57], dont 5% après 4 semaines.

Dergin[58] note lui 18% de paresthésie infra-orbitaire temporaire.

Quelques cas de cécité définitive sont décrites par Li[59], comme conséquence du syndrome du compartiment orbitaire.

3.3.1.3 Infection/ nécrose des tissus mous palatins

C'est une complication fréquente avec une prévalence de 0,83% chez Williams[60], contre 5,4% pour Lehmann et Haas[51]. Alpern et Yurosoko[21] ont quant à eux constaté une nécrose aseptique de la muqueuse palatine chez trois de leurs patients. L'irritation de la muqueuse serait causée par l'impact du disjoncteur sur les tissus mous.

Il est donc aisé de comprendre qu'un appareil de Haas (Figure 18) risque d'entraîner plus de nécrose des tissus palatins comparativement à l'appareil type Hyrax ne comportant pas

cette pastille palatine de résine. Cependant dans son étude rétrospective de 60 patients, portant des appareils de Haas, Dergin[58] ne note aucun problème à ce niveau-là.



Figure 18 : Appareil type Haas, www.Dolphinimaging.com

3.3.1.4 Douleurs/maux de tête

Dergin[58] retrouve ces symptômes chez 13% de ses patients contre 7,3% pour Verquin[57].

C'est une intervention considérée comme peu douloureuse, mais qui peut le devenir en partie lors d'une mauvaise suppression des zones de résistance du maxillaire. Il est donc indispensable de vérifier que la mobilisation des héli-maxillaires a lieu sans difficulté lors du temps opératoire.

Si les douleurs persistent après plusieurs jours d'activation du disjoncteur, il est alors recommandé de procéder à une seconde opération afin d'augmenter les zones d'ostéotomies [58].

3.3.1.5 Problèmes d'expansion du maxillaire

Différents soucis lors de l'expansion du maxillaire sont décrits par les auteurs dans la littérature avec une variation de prévalence importante : 3,3% à 18%.

On retrouve principalement des expansions asymétriques (Figure 19) ou inadéquates nécessitant parfois une réintervention.

- Koudstall[61], dans son essai contrôlé randomisé a dû faire face à deux expansions

asymétriques. Il pense que cela serait dû à une disjonction incomplète au niveau de la suture ptérygomaxillaire.

- Pereira[62], plus récemment décrit cette complication comme très fréquente dans son étude rétrospective sur 90 patients (2,2% avec appareil de Haas, et 3,3% avec Hyrax).
- Dergin[58] penche lui plutôt pour une origine au niveau de l'ostéotomie de l'os nasal.



Figure 19 : Expansion asymétrique du maxillaire après distraction, Koudstall et al [60]

Certaines fois, une expansion unilatérale [63]-[64], peut avoir lieu. A noter que dans l'étude de Seitz 8% des patients ont nécessité une seconde chirurgie pour corriger cette expansion unilatérale. (L'appareil utilisé était un disjoncteur à appui osseux).

3.3.1.6 Les acouphènes

C'est une dysfonction du système auditif peu rapportée. Ils sont généralement doux et transitoires ne nécessitant pas de réintervention. Bayram[65] attribue ceux-ci à l'ostéotomie ptérygomaxillaire (sons et vibrations seraient transmis directement par les os au système auditif).

3.3.1.7 Les larmoiements

Ils seraient dûs à la proximité nez/oeil (lors des ostéotomies latérales et

traumatismes au niveau de l'orifice du canal lacrymal).

Dergin[58] retrouve ces larmolements, parfois teintés de sang, chez 5% de ses patients à une semaine post-opératoire.

3.3.2 Les complications non habituelles

- nausées/vomissements
- larges hématomes
- anesthésie bilatérale linguale [66]
- kyste du canal nasopalatin [67]
- fracture aberrante du maxillaire

On peut donc conclure, après avoir passé en revue la grande majorité des complications que cette procédure chirurgicale ne comporte pas de risque vital majeur. Cependant lors de la comparaison des résultats, il semble ressortir que l'incidence et la gravité des douleurs post-opératoires, hémorragies et oedèmes soient plus importantes en présence de procédures invasives. A l'inverse, moins les zones de résistances libérées sont nombreuses et plus le risque d'expansion asymétrique et/ou inadéquate est important.

4 LES DIFFERENTS TYPES DE DISJONCTEURS

Le disjoncteur détient un rôle majeur dans le processus de distraction. C'est lui qui va transmettre les forces nécessaires à la séparation des deux hémimaxillaires.

Le design de ce dernier est dépendant du choix du chirurgien et de l'orthodontiste dicté par les conditions cliniques et les habitudes de chacun.

On distingue tout de même, malgré des petites différences trois types de dispositifs, par ordre chronologique d'apparition : disjoncteurs à appuis dentaires, puis à appuis osseux et enfin hybrides.

Nous verrons dans un premier temps les différents dispositifs ainsi que leurs avantages et inconvénients et enfin la dernière partie nous permettra de savoir si l'un des dispositifs permet d'obtenir de meilleurs résultats que les autres.

4.1 LE DISJONCTEUR À APPUIS DENTAIRE

4.1.1 Description

C'est le type de disjoncteur à avoir été utilisé lors des premiers cas de distraction. C'est un appareil qui a été inspiré de ceux utilisés pour procéder à la disjonction rapide maxillaire. Kayalar[68] le définit comme le gold standard pour la procédure SARME avec des résultats satisfaisants.

On retrouve donc principalement deux types d'appareils. Tous les deux comportent des bagues métalliques scellées sur les premières molaires et les premières prémolaires, reliées par une brasure à un verin central. C'est l'appareil Hyrax, le plus hygiénique des deux.

L'appareil de Haas, dérivant du Hyrax (Figure 20), a été élaboré par Haas[4], qui lui a

adjoit une pastille de résine palatine afin de délivrer des forces au niveau du palais en plus des dents.

Haas[4] lui-même, disait que cela permettait de résister aux forces récidivantes qui tendent à rapprocher les deux hémimaxillaires après la fin de la période d'activation.



Figure 20 : A gauche : appareil Hyrax (image personnelle), et à droite : appareil de Haas [4]

4.1.2 Avantages et inconvénients

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Facilité de mise en place (scellement, descellement) ▪ Recul clinique important ▪ Coût faible ▪ Bonne stabilité du dispositif durant la période de consolidation ▪ Expansion plutôt symétrique ▪ Résultats cliniques satisfaisants 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ancrage dentaire ▪ Tipping dentaire ▪ risques parodontaux (récessions, perte osseuse vestibulaire) ▪ risques résorptions radiculaires ▪ plus de difficultés et d'effets parasites lors du traitement multi-attaches durant la période de contention

4.2 LE DISJONCTEUR À APPUIS OSSEUX

4.2.1 Description

Il a été introduit par Mommaerts[20] en 1999, avec comme objectif de supprimer les effets parasites retrouvés avec les disjoncteurs à appuis dentaires, notamment le tipping dentaire, et les récessions parodontales.

C'est pour cela qu'il s'appuie uniquement sur les corticales osseuses des os maxillaires.

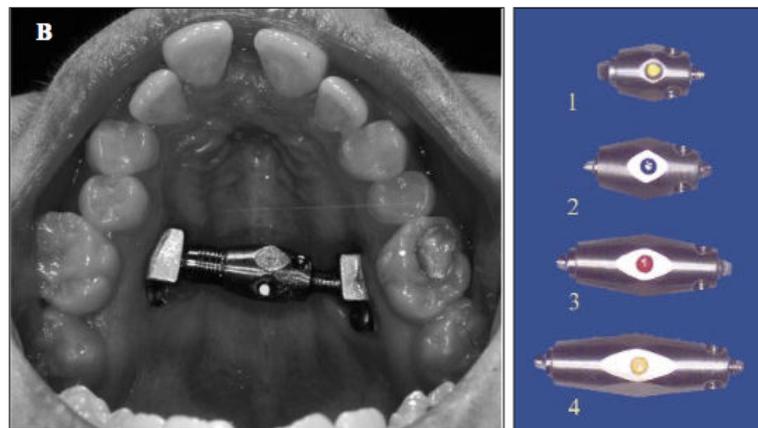


Figure 21 : Disjoncteurs à appuis osseux en place et à droite les différentes tailles de vis, Mommaerts et al.

[20]

Les designs sont divers (Figure 21 et 22), mais on retrouve généralement une partie amovible comprenant la vis d'expansion, rattachée à deux plaques en titane ou acier, elles mêmes fixées aux corticales palatines par des minivis (généralement implantées au niveau des racines des secondes prémolaires).

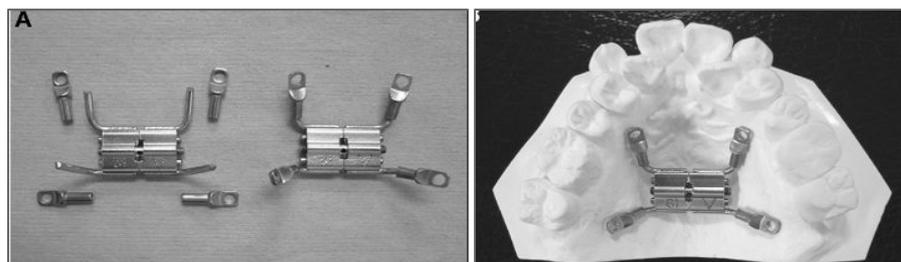


Figure 22 : la position des vis est déterminée sur le modèle avant l'opération pour éviter de léser les racines dentaires, Lida et al. [20]

Le disjoncteur de Rotterdam (Figure 23) fait exception. Il est à appui osseux et amovible (il est “planté” dans la muqueuse palatine). Sa très faible largeur permet de l’utiliser dans des cas de constrictions maxillaires très importantes.



Figure 23 : Disjoncteur Rotterdam, www.klsmartin.com

Il est à noter que le point d’application de la force est donc situé plus près du centre de résistance du maxillaire ce qui devrait avoir comme conséquence d’obtenir une meilleure “translation” des maxillaires au lieu d’une rotation.

4.2.2 Avantages et inconvénients

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none">▪ Pas d’ancrage dentaire (moins de tipping dentaire/ risques parodontaux)▪ Utile sur terrain parodontal fragile ou édentements/agénésies multiples▪ Possibilités de mettre rapidement en place le traitement multi-attaches▪ Possibilités d’utilisation lors de malformations congénitales/ palais très étroit	<ul style="list-style-type: none">▪ Pose difficile (risques anatomiques, infectieux)▪ Dépose lors d’un temps opératoire secondaire▪ Coût▪ Perte possible du distracteur (amovible)▪ Stabilité moindre pendant la période de consolidation▪ Placement parallèle au plan occlusal difficile par rapport aux racines dentaires

4.3 LE DISJONCTEUR HYBRIDE

Comme nous l’avons vu précédemment, les disjoncteurs à appuis osseux ont tenté de combler les défauts de leurs ancêtres mais ils s’avèrent qu’eux aussi possèdent de nombreux inconvénients.

C’est pour cette raison que en 2015, Kayalar et son équipe [68] publient un article qui parle de disjoncteur à appuis mixtes : dentaires et osseux. (Figure 24)

Cela fait suite à la publication de Wilmes[69] en 2008 qui l’utilisait pour la disjonction chez le jeune en croissance.



Figure 24 : Disjoncteur hybride utilisé chez un adolescent en croissance, Wilmes et al. [69]

Ce dispositif se donne comme objectif de comporter les avantages de chacun des dispositifs précédemment décrits sans leurs inconvénients respectifs.

L'avantage de ce dispositif est de répartir l'ancrage nécessaire à la séparation des deux hémimaxillaires entre les structures osseuses et dentaires (Figure 27). De plus, les implants se trouvent dans la zone antérieure de la suture qui est une zone de moindre risque d'un point de vue anatomique où la stabilité primaire est généralement très bonne [69].

4.4 LE CHOIX DU DISPOSITIF

Nous allons maintenant nous intéresser aux résultats des différentes études afin de savoir si les nouveaux dispositifs répondent aux avantages énoncés par leurs inventeurs respectifs.

4.4.1 Disjoncteurs à appuis osseux VS Disjoncteurs à appuis dentaires

4.4.1.1 Les études "anciennes", basées sur des tracés céphalométriques et des modèles d'études.

On peut s'intéresser aux patients inclus dans l'étude de Landes[43] en 2009 qui a comparé les deux types d'appareils. Ils notent une meilleure expansion squelettique avec le disjoncteur à appuis osseux surtout au niveau des prémolaires. Cependant, le recul était de seulement 3 mois.

Les modèles de ces mêmes patients ont été comparés 20 mois plus tard, et Laudemann [49] retrouve aussi cette tendance à obtenir un meilleur résultat avec l'ostéodistracteur mais cette fois-ci cela n'est plus statistiquement significatif.

Ces conclusions vont dans le même sens que celles tirées par Koudstall[61].

Ces premiers résultats sont confirmés par la revue systématique de Veerstraten[70] incluant 9 études prospectives et 1 rétrospective pour un total de 159 patients.

L'auteur conclut que malgré les différences de technique chirurgicale, on ne trouve aucune différence significative entre les deux types d'appareils. Il ajoute que les analyses 3D s'avèrent indispensables pour analyser les différences entre les deux techniques.

4.4.1.2 Les études tridimensionnelles

4.4.1.2.1 Une étude rétrospective à 3 mois

Seeberger et al.[71] ont comparé les deux types de dispositifs (14 à appuis dentaires et 19 à appuis osseux) à 3 mois post-opératoires.

Ils notent une ouverture de l'isthme nasal beaucoup plus importante avec un appui osseux (3mm VS 0,98mm, $p < 0,02$), ainsi qu'un tipping molaire moins important.

Cependant l'expansion squelettique déterminée comme la distance inter-apex ne diffère pas significativement entre les deux méthodes.

4.4.1.2.2 Une étude prospective à 22 mois sans randomisation

MATERIELS ET METHODES

Nada et al. ont réalisé une étude prospective sur 45 patients (28 avec disjoncteurs à appuis dentaires contre 17 à appuis osseux). Malheureusement, le choix entre les deux groupes s'est fait par concertation entre orthodontistes et chirurgien et non par randomisation.

Le geste chirurgical a été réalisé par un seul chirurgien, avec disjonction ptérygomaxillaire. Les CBCT ont été réalisés en pré-opératoire et à 22 mois post-opératoire.

RESULTATS

Pas de différence significative au niveau de l'expansion de l'arcade dentaire même si l'expansion avec appuis osseux est légèrement plus grande en moyenne.

C'est exactement la même chose pour l'expansion squelettique au niveau prémolaire et molaire.

On retrouve, malgré ce que la plupart des auteurs annonçait, plus d'asymétrie post-opératoire (plus de 1,5mm de différence entre cotés droit et gauche) chez les patients porteurs de dispositifs à appuis dentaires (21% des cas VS 17%). Cela n'est cependant pas statistiquement significatif.

4.4.1.2.3 Une étude prospective à +6mois randomisée

MATERIELS ET METHODES

Dans cet essai clinique de Zandi, 30 patients ont été répartis en deux groupes égaux de manière aléatoire.

Ils ont bénéficié d'un CBCT avant l'opération (comprenant une séparation ptérygomaxillaire et réalisé par un unique chirurgien) et à 6mois post-opératoire.

RESULTATS

Les auteurs retrouvent, pour les deux groupes, exactement le même schéma d'expansion en V dont la pointe serait située au niveau du crâne. Cela signifie une expansion très

importante au niveau dentaire, un peu moins au niveau palatin et encore plus faible au niveau nasal. Cette ouverture entraîne donc un tipping dentaire et des segments alvéolaires quelque soit le dispositif.

A chaque niveau, les calculs statistiques ne rapportent aucune différence entre les deux groupes.

4.4.2 Disjoncteurs hybrides VS Disjoncteurs à appuis dentaires

MATERIELS ET METHODES

20 patients ont été répartis dans deux groupes équivalents et ont bénéficié d'une distraction avec disjonction ptérygoïdienne.

Trois clichés tridimensionnelles (CBCT) ont été analysés : J0, après activation et à J+6mois.

RESULTATS

On retrouve une expansion similaire avec les deux systèmes sauf au niveau des prémolaires ou celle-ci est plus importante s'il y a un appui osseux.

Le tipping molaire est plus important au début avec un appui dentaire (9,5° contre 3,6°) mais la récédive de ce tipping est très importante uniquement avec le disjoncteur Hyrax.

Au final, on a donc le même tipping molaire mais avec une chronologie différente sans mouvement de va et vient avec le système hybride.(Figure 25)

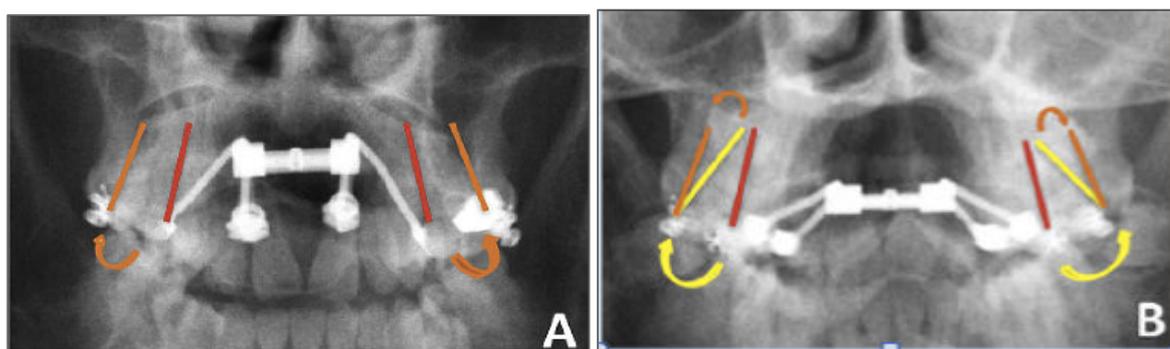


Figure 25 : Images CBCT modifiées afin de montrer les différences de chronologie, Kayalar et al. [68]

Au niveau parodontal, on retrouve moins de résorption osseuse vestibulaire avec l'appareil hybride ainsi que moins de résorption radiculaire au niveau de la prémolaire.

Pour conclure, il semble que malgré le peu d'études de haut grade dont nous disposons à l'heure actuelle, aucun dispositif n'apparaît clairement comme plus efficace que les autres, même si les appareils ostéoancrés semblent avoir un bel avenir devant eux.

Le choix doit donc se faire après concertation entre le chirurgien et l'orthodontiste qui évalueront ensemble le risque parodontal, chirurgical et anatomique couplés à leur expérience respective afin de déterminer quel semble être le disjoncteur le plus adéquat pour le patient.

5 LES EFFETS DE LA DISTRACTION MAXILLAIRE

La distraction maxillaire, procédé invasif, entraîne des changements sur tous les tissus englobant le maxillaire. Cette troisième partie aura pour but de décrire ces effets au niveau de chaque tissu environnant.

Nous parlerons tout d'abord des remaniements tissulaires au niveau de la suture.

Ensuite nous ouvrirons un vaste débat sur le ratio **gain squelettique VS gain alvéolaire** de la procédure.

Les effets parodontaux seront par la suite analysés.

Enfin, une revue des répercussions au niveau exobuccal sera faite.

5.1 LES TISSUS DURS

5.1.1 Sur la suture

5.1.1.1 Définition du cal osseux

Le principe de la distraction osseuse est fondé sur la capacité naturelle de l'os à générer un néo-tissu osseux au niveau d'un cal fracturaire allongé progressivement. Ilizarov[72] appelait cela le « tension-stress effect ».

Le principe consiste en la création d'une fracture ou de corticotomies, suivie d'une phase de latence indispensable à la formation d'un cal osseux, qui sera par la suite allongé par déplacement des fragments osseux de part et d'autre de ce cal.

Selon Kojimoto (1988)[73] si la période de latence est trop courte, il y aura une moindre formation d'un cal osseux et une ostéogénèse inappropriée. S'il est trop long, on aura une consolidation prématurée. Les chirurgiens s'accordent sur une période de 5 à 10 jours.

L'os néoformé est peu minéralisé au départ et va le devenir progressivement.

La distraction entraîne donc un allongement progressif des extrémités osseuses ostéotomisées.

L'expansion osseuse est également accompagnée d'une expansion simultanée de la matrice fonctionnelle des tissus mous, muqueuse, peau, fascia, ligaments, nerfs, cartilage et périoste. C'est l'histogénèse par distraction.

5.1.1.2 Histologie de la formation du cal osseux

Le processus de formation osseuse est très organisé afin d'aboutir à la formation d'un os mature. Selon Karp[74], on distingue 4 zones (Figure 26) :

1. La zone de tissu fibreux : on retrouve majoritairement des brins de collagène parallèles, orientés dans le sens de la distraction. Ils sont accompagnés de fibroblastes et de précurseurs cellulaires mésenchymateux indifférenciés localisés dans toute la matrice.
2. La zone d'extension de la formation osseuse : les fibroblastes et les précurseurs cellulaires mésenchymateux sont en continuité directe avec les ostéoblastes situés sur la surface des spicules d'os néoformés. Les ostéoblastes se positionnent parallèlement à la direction de la distraction pour déposer de la matrice osseuse. Les ostéoblastes semblent être issus de la transformation du fibroblaste lui-même issu de la transformation des cellules mésenchymateuses.
3. La zone de remodelage osseux : ce sont des sites d'apposition et de résorption osseuse avec un nombre important d'ostéoclastes.
4. La zone de maturation osseuse : on voit apparaître de l'os cortical adjacent à l'os mature des territoires non expansés et de structure identique.

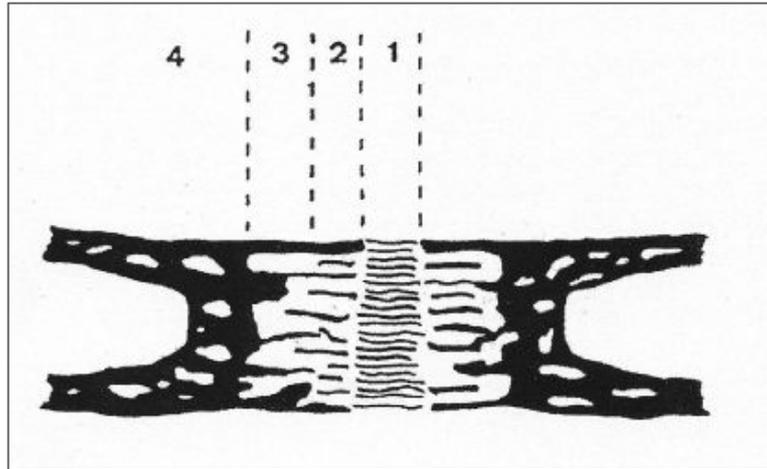


Figure 26 : schéma illustrant les 4 zones de formation du cal osseux , Karp et al [74].

5.1.1.3 Deux types d'ouverture de la suture médiane.

Quelques études se sont intéressées à l'ouverture de la suture médiane à la suite de la distraction. Est-ce que les deux berges se séparent de l'épine nasale antérieure à l'épine nasale postérieure (type I) ou de l'épine nasale antérieure à la suture palatine transverse (type II) ? (Figure 27)

Pereira[75], avec des dispositifs dento-portés retrouve sur ses CBCT 31,5% de type I et 68,5% de type II alors que Salgueira[76] obtient lui 86% de type I .

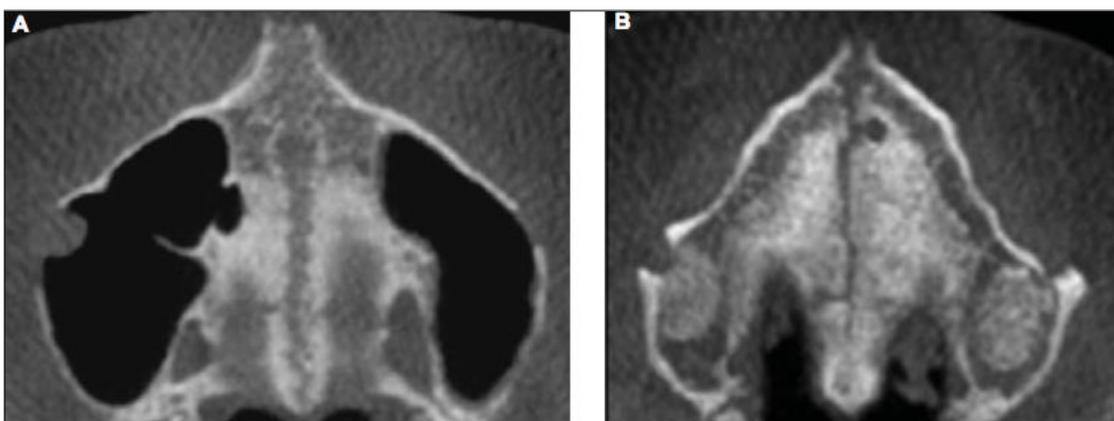


Figure 27 : Les deux types d'ouverture de la suture : Type I à gauche, type II à droite, Pereira et al.[75]

5.1.1.4 Néoformation osseuse

Grâce au CBCT, il est possible d'étudier la néoformation osseuse tout le long de la suture.

Salgueiro[76] a étudié les fichiers 3D (avant chirurgie, à J+15, J+60 et J+180) sur des patients porteurs de disjoncteurs à appui dentaire, alors que dans l'étude de Petrick[77] les disjoncteurs étaient à appui osseux.

Les deux auteurs tirent les mêmes conclusions. Il existe une grosse variété de densité osseuse entre les sutures avant chirurgie.

A 6 mois post-opératoire, la reminéralisation de la suture est très incomplète, comme l'attestent les résultats résumés dans le tableau suivant.

Densité osseuse : <i>(en pourcentage par rapport à la densité avant chirurgie)</i>	1/3 antérieur	1/3 médian	1/3 postérieur
Etude de Salgueiro	30%	43%	65%
Etude de Petrick	48%	53%	75%

5.1.2 Bases osseuses et procès alvéolo-dentaires

La distraction est un processus qui a vu le jour à la suite des échecs rencontrés avec des thérapeutiques classiques (Rapid Maxillary Expansion) chez les patients adultes. Effectivement, la réponse était bien souvent alvéolaire avec une version des procès latéraux.

Cette stratégie nouvelle avait pour objectif de maximiser l'expansion basale et de minimiser la part alvéolaire de cette expansion.

Regardons de plus près la littérature pour afin de déceler si cette utopie « 100% squelettique » est encore loin de la réalité ou non.

5.1.2.1 LA DIMENSION TRANSVERSALE

5.1.2.1.1 Les études « anciennes », utilisant les modèles d'études et la téléradiographie de face.

Dès les prémices de l'ostéodistraktion maxillaire, les chirurgiens et orthodontistes ont essayé de savoir quelles étaient les réponses à leurs traitements. C'est donc tout naturellement qu'ils se sont penchés sur les modèles d'études et les téléradiographies de face de leurs patients.

Cette dernière présente l'avantage d'être peu irradiante et de nous donner une bonne idée des distances dans la dimension transversale et donc des changements dento-squelettiques.

Cependant, la grande difficulté est d'obtenir des points de référence stables, surtout au niveau postérieur ce qui est primordial étant donné que ce sont ces dents qui sont supports du disjoncteur et amenées à effectuer un grand mouvement. On peut citer Gurgel[78], qui a mis au point des marqueurs agissant comme repères dentaires afin d'améliorer l'analyse du cliché radiographique.(Figure 28)



Figure 28 : Marqueurs radiologiques inventées par Gurgel [78]

5.1.2.1.1.1 A court terme

Tout d'abord il semble important de noter que l'expansion réalisée à court terme sera dépendante de **plusieurs facteurs** :

- la **quantité nécessaire d'expansion** à évaluer au préalable sur les modèles d'étude, incluant plus ou moins la surcorrection.
- la **taille de la vis** : dans la littérature la grande majorité des auteurs utilisent des vis de 7mm (Bays and Greco[41], Koodstall[61], Chamberland[79]) mais récemment l'équipe de Siqueira[80] au Brésil a commencé à utiliser des vis de 13mm ce qui forcément augmente la quantité finale d'expansion.

✚ Au niveau alvéolaire :

On peut donc s'attendre, après expansion à des gains échelonnés de 5 à 10 mm (la mesure est généralement effectuée au niveau de la jonction amélo-cémentaire).

- *Koudstall[61]* note 5,7mm pour un disjoncteur à appui-dentaire et 7,3mm à appui osseux (non significatif).
- *Byloff* et son équipe[19] dans leur étude longitudinale portant sur 24 patients obtiennent 8,7mm/8,1mm/5,2mm respectivement de molaires à canines.
- *Chamberland [79]* gagne en moyenne 7,6mm, ce qui est bien loin des 9,26 mm au niveau des molaires et 9,8mm au niveau prémolaires qu'obtient *Siqueira [80]*(vis de 13mm). Il est important de noter que les expansions sont toujours plus importantes au niveau prémolaires et molaires comparativement aux canines.
- *Vilani[81]* apporte deux explications à cela : la morphologie du disjoncteur qui ne prend pas toujours appui sur les canines et le fait que la distraction crée un diastème médian qui se voit très rapidement fermé par mésialisation bilatérale des dents adjacentes dont les canines ce qui a pour conséquence de réduire la distance intercanine après expansion.

Au niveau squelettique :

- Les plus pessimistes retrouvent 24% d'expansion osseuse réelle[19], contre environ 50% pour les autres (47% pour Proffit[79], 52% pour Berger et al. [82], 59,3% pour Gurgel [83]).

Dans tous les cas, il faut donc bien noter que le 100% squelettique de la procédure est encore loin d'être atteint.

La stabilité :

Le protocole semble, selon les auteurs, être plutôt stable à court terme avec une récurrence de 0,20mm à 120 jours pour Gurgel[83], contre 5 à 25% pour Bays and Greco[41]. Enfin dans son étude prospective Koodstall[61] obtient 0,5/0,6mm de récurrence à 12 mois. Les différents auteurs expliquent cela par le tipping vestibulaire que va engendrer la procédure d'expansion même si les valeurs paraissent faibles.

Gurgel[83] note une augmentation angulaire statistiquement significative sur toutes les dents postérieures (surtout au niveau prémolaires), de même que Siqueira[80] mais chez qui c'est significatif uniquement pour certaines dents (5 à 8°). Byloff[19] retrouve une angulation molaire de +9° à la fin de l'expansion, avec une récurrence de 3,3°.

5.1.2.1.1.2 Sur le long terme

Quelques (trop) rares études utilisant modèles et radios deux dimensions se sont également intéressées aux effets de la distraction maxillaire sur le long terme.

- Parmi elles, une étude récente (2016) de *De Gijt [84]* qui est en fait la suite de l'étude de Koodstall de 2009 comparant les effets dentaires et squelettiques de patients qui ont bénéficié de disjoncteurs à appui osseux et dentaires.

Ils retrouvent à 6 ans et demi, une expansion dentaire maximale au niveau des prémolaires (+6,6mm sans récurrence significative).

De plus, pour définir l'expansion squelettique ils ont comparé la largeur du palais au niveau apical.

Celle-ci est de +3,7mm ($p < 0,001$) au niveau prémolaire et +2,8mm au niveau molaire ($p = 0,001$).

- Enfin une méta-analyse de *Vilani[81]*, nous permet de tirer les conclusions de toutes ces études sur modèles et téléradiographie de profil.

Elle avait pour objectif primaire d'évaluer à long terme les effets du protocole chirurgical. Seules 5 études prospectives ont été incluses.

Les résultats sont plutôt homogènes sauf au niveau de la distance inter-molaire.

On note, fort heureusement, une augmentation de la largeur alvéolaire maxillaire de 3,33mm ($p = 0,00001$), après une récurrence non statistiquement significative.

La distance intercanine se voit significativement augmentée de 3,3mm (+5,6 au départ mais récurrence), tout comme la distance intermolaire (deux études seulement), +3,71mm ($P = 0,0001$).

Il faut cependant émettre quelques réserves sur cette méta-analyse ne présentant aucun groupe contrôle, et ne donnant aucune information sur les angulations dentaires. On ne sait donc pas si le gain est alvéolaire, squelettique ou mixte.

De plus, les protocoles chirurgicaux étaient très divers de même que le temps et le moyen de contention.

Enfin, comme lors de tout traitement d'orthodontie, afin d'éviter la récurrence il est nécessaire d'avoir une occlusion et des fonctions de fin de traitement parfaites.

Ces premières données même si elles sont le fruit d'analyses peu précises et reproductibles nous amènent à rester humble face au gain attendu de la thérapeutique sur le long terme (+4mm) ce qui paraît peu face à certains déficits auxquels nous sommes confrontés.

Intéressons-nous maintenant aux dernières avancées radiologiques et à leurs intérêts dans la compréhension de nos thérapeutiques.

5.1.2.1.2 Les études nouvelles utilisant le Cone Beam Computed Tomography (CBCT)

Les examens radiologiques en 3D sont actuellement de plus en plus utilisés par les orthodontistes et les chirurgiens maxillo-faciaux afin d'établir le diagnostic, le plan de traitement et la simulation des traitements.

Selon Cevidanes[85] ils permettent de définir plus précisément :

- taille, forme et position des dents et de la tête du condyle
- largeur de la portion dentée
- morphologie, inclinaison, déplacement ou déviation des surfaces latérales ou médiales des rami et corpi mandibulaires
- position des racines dentaires
- localisation de dents surnuméraires
- morphologie palatine
- morphologie des sites pour placer les implants ou les traits d'ostéotomies

Depuis quelques années, les médecins ont, grâce au perfectionnement des logiciels d'exploitation, mis au point des méthodes afin d'étudier les effets d'un traitement chirurgical (par exemple comme la distraction) et la stabilité de ce dernier.

Nous verrons dans un premier temps comment les logiciels ont évolué et si les informations apportées par ces derniers viennent confirmer celles que l'on a su tirer des anciens examens 2D et des modèles en plâtre.

5.1.2.1.2.1 Les apports des nouveaux logiciels d'exploitation

5.1.2.1.2.1.1 Les deux premières méthodes de superposition 3D

Lors des débuts de la superposition d'images 3D, deux méthodes virent le jour.

La première consistait en la superposition manuelle après avoir enregistré des points de référence « stables ».

La seconde était presque identique à l'exception des points de référence qui étaient remplacés par des régions anatomiques stables.

Ces deux méthodes avaient comme inconvénients d'être très dépendantes du technicien qui opérait. Il fallait donc mettre au point une analyse de l'évolution entre l'acquisition 3D à T0 et à T1 automatique (par ordinateur) et indépendante de l'homme (positionnement des marqueurs).

5.1.2.1.2.1.2 Méthode basée sur le Voxel

Cette nouvelle méthode basée sur le Voxel a été largement décrite par Nada en 2012 [86]. Elle permet de comparer les structures osseuses voxel par voxel (on compare en fait des valeurs de gris voxels par voxels), le tout dans un volume défini.

Par la suite l'ordinateur analyse les mouvements de translations et de rotations requis pour chaque Voxel afin d'aligner les deux acquisitions 3D (en réalité les deux niveaux de gris).

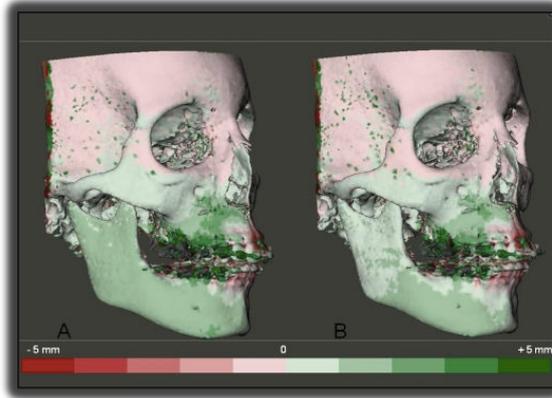


Figure 29 : Exemple de superpositions. En rouge ce qui est plus postérieur qu'au départ et en vert ce qui est plus antérieur, Nada et al [87].

Ensuite les deux volumes apparaissent superposés chaque Voxel ayant une couleur correspondant à une distance parcourue entre T0 et T1. (Figure 29 et 30)

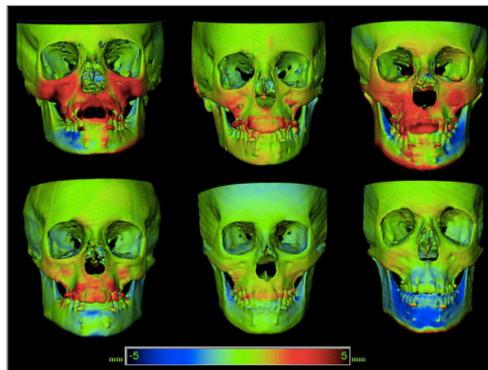


Figure 30 : exemple de résultats de superposition après tractions intermaxillaires chez des patients en classe III squelettiques, Heymann et al. [88]

C'est Cevidanes[89] qui l'a utilisée pour la première fois pour comparer la croissance de la zone antérieure de la face chez des patients ou non en croissance.

Heymann[88] a par la suite déterminé les effets de la protraction maxillaire sur mini-plaques chez des patients présentant une classe III squelettique.

L'étude de Nada[87] s'intéresse à la distraction maxillaire.

L'objectif était de déterminer si la méthode fonctionnait avec comme zone de référence l'arcade zygomatique. (Cela permet d'éviter de prendre comme référence la partie

antérieure du crâne nécessitant un grand champ (22cm) contre 13cm pour les zygomat (diminution de l'irradiation de 50%).

MATERIELS ET METHODES

Deux CBCT ont été réalisés avant et après distraction pour les 16 patients inclus.

Les superpositions ont été faites en prenant dans un premier temps la base antérieure du crâne comme référence (surface endocranienne de la lame cribreuse) et ensuite les arcades zygomatiques.

RESULTATS

La comparaison des deux superpositions a révélé un écart statistiquement significatif mais insignifiant cliniquement (0,12mm à 0,19mm).

Il s'avère donc que cette méthode assez rapide (30 à 40 minutes) semble fiable, précise et reproductible. Effectivement la différence de perception du code couleur entre différents individus est non significative cliniquement (0,02 à 0,05mm).

5.1.2.1.2.2 Les résultats des études 3D

Tout comme les études « classiques », le gain transversal sera également dépendant de la taille de la vis et de l'expansion nécessaire.

5.1.2.1.2.2.1 Expansion alvéolaire

Au niveau de l'expansion alvéolaire c'est à dire au niveau des couronnes dentaires, les résultats sont à peu près similaires entre les différents auteurs. La norme se situe à +7mm environ : +7mm pour Kayalar[68] dans son étude randomisée comparant les disjoncteurs à appui dentaires et hybrides, contre +7,8mm (appui dentaire) et +7,3mm (appui osseux) dans l'étude randomisée de Zandi[90].

Zemann[91] utilisant lui uniquement des disjoncteurs à appui dentaire retrouve une expansion de 7,2mm au niveau canin contre 6,8mm au niveau des molaires.

Cependant le CBCT s'avère beaucoup plus **intéressant** et **précis** lorsqu'il s'agit de savoir exactement quel est le pourcentage d'expansion squelettique par rapport à l'expansion totale car il permet de mesurer précisément la largeur du palais osseux avant et après distraction.

5.1.2.1.2.2.2 Expansion osseuse

- Comparé aux +7mm de départ, Kayalar[68] retrouve uniquement 4,02mm et 4,33mm d'expansion « pure » au niveau des prémolaires (60%).
- Les résultats sont quasiment identiques pour Zandi[90] qui obtient une quantité d'expansion maxillaire de 55 à 70% que ce soit au niveau des prémolaires ou des molaires sans différences significatives entre les disjoncteurs à appui osseux ou dentaires.
- Zemann[91] est un peu plus optimiste avec plus de 70% d'expansion squelettique et un très faible tipping (1,9° pour les canines et 2,9° pour les molaires)

Une dernière étude, unique dans sa forme est très intéressante.

- Goldenbergh[92] et son équipe ont tenté de savoir si il y avait une différence entre la quantité d'ouverture du disjoncteur (mesurable au niveau de la vis) et la quantité d'expansion osseuse réelle mesurée sur CBCT (réalisé avant/ à 6mois post-op). Le disjoncteur utilisé était de type Hyrax (vis de 13mm) et la chirurgie sans disjonction ptérygoidienne.

Le calcul est le suivant :

$$\text{Pourcentage d'expansion osseuse} = \frac{\text{Skeletal Maturity Expansion (en mm)}}{\text{Ouverture du disjoncteur (en mm)}} \times \frac{\text{largeur palatine post chir} - \text{largeur palatine pré chir}}{\text{largeur palatine post chir} - \text{largeur palatine pré chir}}$$

Avec une ouverture moyenne de 11,4mm on retrouvait un maximum de 50% d'expansion osseuse dans la zone antérieure (conséquence de la technique chirurgicale sans disjonction ptérygoidienne ?).

5.1.2.1.2.2.3 Les effets sur le « long terme » : étude 3D de Nada [87]

Le gain transversal a été calculé après 22 mois post-opératoire, grâce aux nouvelles méthodes de superposition décrites précédemment. C'est l'étude 3D avec le recul clinique le plus important.

45 patients ont été intégrés après avoir bénéficié d'une distraction avec disjonction ptérygoïdienne.

L'expansion osseuse réelle retrouvée après presque deux ans est de +5,2mm au niveau des prémolaires et +4,6mm au niveau des molaires, ce qui semble satisfaisant en sachant que l'expansion alvéolaire est de +1,8mm par segment en moyenne. Cela équivaut à un gain squelettique réel de 60% (même ordre de grandeur que les études à court terme).

Pour conclure ce chapitre relatant les effets du protocole chirurgical, il semble intéressant d'analyser les conclusions d'une revue de littérature de 2017 [93].

Elle comprend 228 patients répartis dans 9 études évaluant les effets à court terme de la distraction, grâce au CBCT. 70% des patients bénéficiaient d'un dispositif dento-porté.

Les auteurs confirment les chiffres énoncés auparavant avec une expansion dentaire (totale) importante (de 6,53 à 7,23mm) dont 50% environ représente le gain squelettique réel (de 3,92 à 4,33mm). Il est donc illusoire de croire que le protocole chirurgical supprime totalement l'effet de « binding » dentaire et alvéolaire.

De plus, même si le CBCT apparaît aujourd'hui comme une méthode précise et fiable pour analyser les changements anatomiques, il n'existe toujours pas de consensus quant aux repères dentaires et osseux à utiliser.

5.1.2.2 LES DIMENSIONS VERTICALE ET SAGITTALE

Les praticiens ont pour habitude de se méfier de certains patients présentant une forte classe II squelettique, ou une béance ou encore un angle mandibulaire ouvert. Effectivement, par syllogisme avec la disjonction rapide il est commun de penser que la distraction va provoquer un abaissement et un recul mandibulaire, ce qui contre-indiquerait relativement l'intervention chez les patients précédemment décrits.

5.1.2.2.1 Répercussions osseuses

5.1.2.2.1.1 Dimension sagittale

5.1.2.2.1.1.1 Au maxillaire

Certains auteurs (Gilon[94], Lodice[95], Atac[8]) ne retrouvent pas de différence significative. A l'inverse, sur ses téléradiographies de profil, Bretos[96] voit le SNA augmenter de +2°. L'augmentation est plus faible pour Chung (+0,76°) [97].

5.1.2.2.1.1.2 A la mandibule

Un petit recul mandibulaire est observé pour Gilon[94] (-1,78°) et Atac[8] (-0,93°). Aucun changement à noter pour Lodice [95]. Plus récemment, Xi[98] note un recul de 1,6+/- 2,5mm du point Pogonion après chirurgie.

5.1.2.2.1.2 Dimension verticale

Pour étudier cette troisième dimension, les angles maxillo-mandibulaires, palatins ainsi que les différentes hauteurs faciales ont été calculés.

Chung[97], Bretos[96] et Lodice[95] ne retrouvent pas de différences au niveau vertical. Gilon[94] observe une rotation antérieure du plan maxillaire quand, au contraire Atac [8] note une rotation postérieure de ce dernier.

Xi [98], retrouve un abaissement du pogonion de 1,6 +/-2,0mm.

5.1.2.2.2 Repercussions dento-alvéolaires

Ces dernières ont très peu été étudiées car elles sont quasi systématiquement modifiées par la suite au cours du traitement orthodontique. On peut cependant retrouver bien souvent une palato-version des incisives maxillaires (-4,3°) statistiquement significative (P=0,04) Chung[97].

Fort logiquement, l'angle inter-incisif se voit lui aussi augmenter.

5.2 TISSUS PARODONTAUX

La thérapeutique chirurgicale fut inventée pour essayer notamment de minimiser les effets parodontaux délétères décrits lors du protocole non chirurgical (chapitre II).

Néanmoins les forces délivrées par les disjoncteurs produisent des zones de compression au niveau du ligament qui peuvent provoquer des résorptions alvéolaires et des modifications au niveau du système d'attache.

Nous nous intéresserons donc dans un premier temps aux modifications parodontales d'un point de vue clinique puis aux modifications osseuses intéressant le parodonte (épaisseur d'os alvéolaire et hauteur de crête alvéolaire).

5.2.1 Observations cliniques

Récemment, deux études se sont intéressées aux conséquences parodontales cliniques de la distraction. Celle de Gauthier[99], avec un recul à 6 mois post-opératoire sur 14 patients et celle de Jensen[100], avec un recul de 2 ans (ce qui laisse une

incertitude quant à l'étiologie des changements parodontaux (traitement chirurgical et/ou orthodontique ?) sur 73 patients. Tous les dispositifs utilisés étaient dento-portés.

5.2.1.1 Indice de plaque

Seulement étudié par Jensen[100], ce dernier ne note pas de différence entre les deux chartings parodontaux. Cette mesure n'est pas significative, étant donné que cela est en grande partie dépendant du brossage du patient et non de la chirurgie.

5.2.1.2 Mobilité (classification de Miller)

Gauthier[99] fait face à une augmentation statistiquement significative de la mobilité de toutes les dents sauf les deuxièmes molaires à 6 mois post-opératoires, surtout les incisives centrales. Cela va dans le sens de Goldenbergh[92] pour qui 13,3% des incisives centrales sont mobiles à 6 mois post-opératoire.

5.2.1.3 Indice gingival

Jensen[100] retrouve une augmentation de cet indice entre les incisives centrales supérieures.

5.2.1.4 Profondeur de poche

Les deux auteurs [100]-[99] ne retrouvent pas de différence significative.

5.2.1.5 Récessions parodontales

Gauthier[99] fait face en moyenne à 1mm de récession gingivale en mésial de 11 et 21. Ramieri[101], répertorie 5 patients sur 136 avec une récession au niveau de 11/21 après 1 an.

5.2.1.6 Hauteur d'attache

Les deux auteurs [99]-[100] concluent qu'il n'y a pas de perte d'attache statistiquement significative.

On retrouve donc très peu de changements au niveau clinique mais l'avènement de la radiographie en 3 dimensions nous permet de nous intéresser aux modifications osseuses qui ont lieu après la distraction et pourraient avoir des conséquences parodontales cliniques beaucoup plus tardives.

5.2.2 Observations radiologiques

5.2.2.1 Epaisseur d'os alvéolaire vestibulaire.

De manière générale, les auteurs retrouvent une diminution statistiquement significative de l'épaisseur osseuse vestibulaire à 6 mois post-op. Celle-ci est en moyenne de 0,5mm (0,5mm pour Kayalar[68], de 0,4 à 1mm pour Sygouros[46] qui est en accord avec Gauthier[99]).

On peut noter quelques spécificités.

La résorption est plus importante au niveau des prémolaires s'il n'y a pas de disjonction ptérygomaxillaire pour Sygouros[46]).

Kayalar[68] obtient statistiquement moins de résorption alvéolaire avec son appareil hybride.

5.2.2.2 Hauteur d'os alvéolaire

5.2.2.2.1 Les dents postérieures

On peut noter une diminution générale de la hauteur d'os alvéolaire pour Gauthier[99] (-3,3mm pour les molaires et -2,8mm pour les canines) ainsi que pour Sygouros[46] qui note une augmentation sur chaque dent de la distance crête alvéolaire/cuspide.

5.2.2.2.2 Les dents antérieures

Gauthier[99] enregistre une baisse de la hauteur osseuse entre les incisives centrales quasi systématiquement (0,1 à 0,3mm) non significative.

5.2.2.3 Les résorptions radiculaires

Kayalar[68] est le seul à avoir étudié les résorptions radiculaires sur CBCT après distraction maxillaire. Il note une diminution de la hauteur des racines de 0,3 à 1mm pour les molaires si l'appareil est dento-porté. C'est statistiquement plus important que lorsque l'appareil est hybride. Il est à noter que c'est surtout la racine palatine des molaires maxillaires qui subit cette résorption.

5.3 TISSUS MOUS

Les modifications des tissus mous ont fait preuve de très peu d'attention dans la littérature récente. Nous allons nous intéresser à quelques rares études grâce à la 3D notamment celles de Nada[102] qui utilisent la technique de superposition décrite précédemment (Figure 31 et 32).

L'étude prospective de Nada[102] a étudié les CBCT préchirurgicaux et à 2 ans post-opératoire de 40 patients (15 porteurs de disjoncteurs à appui osseux et les autres bénéficiant de dispositifs à appui dentaires).

Les résultats au niveau exobuccal reflètent les changements osseux et alvéolo-dentaires sous jacents, ce qui signifie qu'il est impossible de discerner quels sont les changements dûs à la distraction et ceux conséquents au traitement orthodontique.

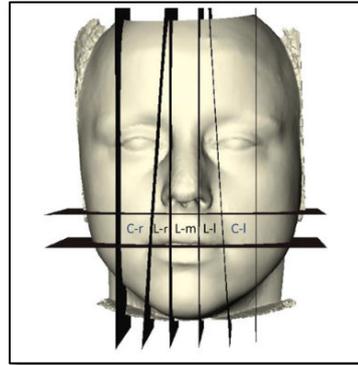


Figure 31 : acquisition de la face afin de déterminer le mouvement des tissus mous, Nada et al. [102]

5.3.1 Les joues

Les auteurs[102] retrouvent une projection plus importante de la partie latérale des joues (+1mm de chaque côté), conséquence de l'expansion maxillaire réalisée. Il n'y a pas de différences entre les deux types de dispositifs. Ramieri[103] et son équipe obtiennent les mêmes résultats.

5.3.2 Les lèvres

La palatoversion des incisives maxillaires décrite par Chung[97] précédemment est confirmée par cette étude.

Cela a comme conséquence un recul statistiquement significatif de la partie médiane de la lèvre supérieure (-1,11 mm si appui dentaire et -1,6mm si appui osseux). L'auteur[102] annonce que pour 1° de rétraction des incisives maxillaires, la partie médiane de la lèvre supérieure recule de 0,88mm.

Ramieri[103] ne retrouve pas ce changement au niveau labial.

Pour Gungor[104], cette rétroversion fait suite à l'étirement des fibres gingivales entre les deux incisives centrales lors de la distraction.

Aucun changement significatif n'est à noter au niveau de la partie latérale des lèvres supérieures.

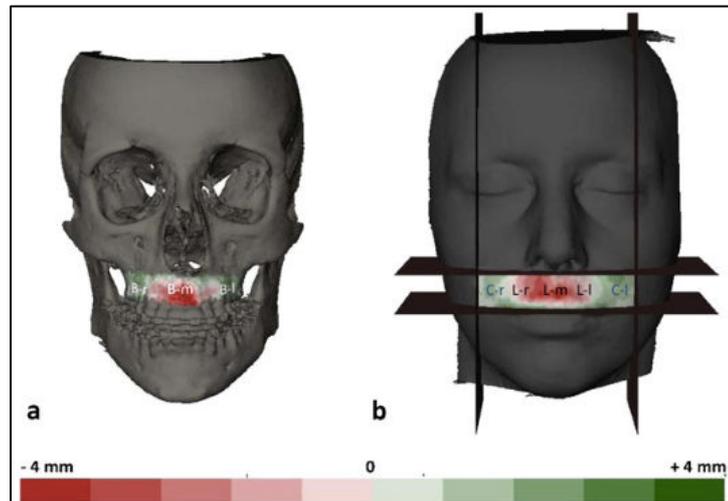


Figure 32 : résultats de la distraction sur les tissus osseux (à droite), et sur les tissus mous (à gauche), Nada et al. [102]

5.3.3 Le nez

5.3.3.1 Le volume propre du nez

Grâce aux nouveaux logiciels et à la technique de Van Loon[105], il a été possible d'isoler le volume du nez et de voir dans quelle direction ce dernier a évolué. Nada[106] note une augmentation de 1,08 % significative de son volume total par rapport au volume initial. La largeur inter-alaire se voit elle augmenter de 1,2mm (+1,4mm pour Ramieri[103] ; et +2mm pour Berger[107]), ce qui correspond à un léger élargissement du nez.

5.3.3.2 Le volume aérique du nez

Les patients avec un maxillaire étroit, présentent également fréquemment une dysfonction respiratoire (ventilation mixte/ buccale exclusive). Celle-ci peut être la cause ou la conséquence de l'endognathie (notion de cercle vertueux).

Il est donc intéressant de savoir si la distraction va augmenter également le volume aérique nasale afin de faciliter une ventilation physiologique (nasale stricte).

Il est effectivement possible d'isoler le volume interne du nez. (Figure 33)

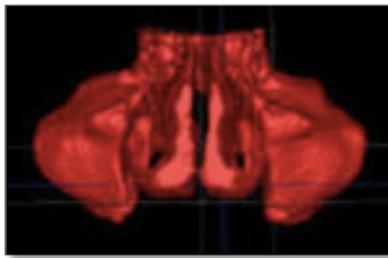


Figure 33 : Volume aérique nasal isolé, Nada et al. [106]

Les différentes études sont unanimes. Il y a une augmentation statistiquement significative du volume aérique après chirurgie, mais les résultats sont hétérogènes : + 5,1% pour Deeb[108] ; +9,7% pour Nada[106] et jusqu'à plus de 20% pour Wriedt[36] (+21,2%) et Seeberger[71] (+23,25%).

Cependant, cette augmentation du volume aérique nasal n'est pas forcément corrélée avec un meilleur ressenti par le patient au moment de respirer. Effectivement Magnusson [109] n'a pas pu démontrer de lien entre l'augmentation du volume aérique et l'amélioration subjective de la fonction nasale à 18 mois post-opératoire.

5.3.4 Les muscles masticateurs

L'étude de Sverzut en 2011 [110], s'est donnée pour objectif de mesurer l'activité électromyographique (EMG) du masseter et du muscle temporal chez 19 adultes bénéficiant d'une chirurgie en comparant les valeurs avant chirurgie et à 15 jours post-opératoires.

On peut déjà noter qu'avant la chirurgie, l'activité de ces muscles est plus importante que la normale au repos et pendant l'activité, ce qui peut être imputable à une occlusion insatisfaisante avec généralement un articulé inversé au moins unilatéral.

Après chirurgie, les auteurs retrouvent une diminution de l'activité musculaire au repos et lors des différents mouvements (mastication, grincement, ouverture, fermeture, latéralités et protrusion).

Le procédé chirurgical semble avoir un effet bénéfique sur l'activité musculaire mais il aurait été intéressant d'avoir des informations de ce type sur le long terme après l'adaptation neuromusculaire et l'obtention d'une occlusion idéale.

6 LA CONTENTION

La contention après la phase active de distraction doit permettre de maintenir les deux fragments osseux de manière fixe afin d'obtenir un cal osseux optimal [111]. L'objectif est de maintenir les effets obtenus sur le long terme afin d'éviter la récurrence.

6.1 LA DUREE DE LA CONTENTION

Il n'existe aucun consensus de la part des auteurs sur cette durée de contention. Effectivement, en moyenne le dispositif est maintenu en place durant 3 à 6 mois avec une ligature métallique bloquant le verin et évitant que ce dernier ne se dévise. Les études sur la suture en post-opératoire ont tout de même montré la faible densité osseuse du cal après 6 mois, donc il serait logique de laisser un appareil plus de 6 mois. Cependant, la distraction est bien souvent la première étape du traitement orthodontico-chirurgical et le traitement orthodontique débute très rapidement après la fin de la distraction, les arcs orthodontiques servant également de contention. Il semble donc très difficile de déterminer une durée de contention précise.

6.2 LE DISPOSITIF DE CONTENTION

Comme mentionné dans le chapitre précédent, de nombreux orthodontistes laissent en place l'appareil qui a servi à la distraction durant les premiers mois puis celui-ci est remplacé par un système multi-attaches.

Une équipe brésilienne[112] a voulu tester un dispositif de contention.

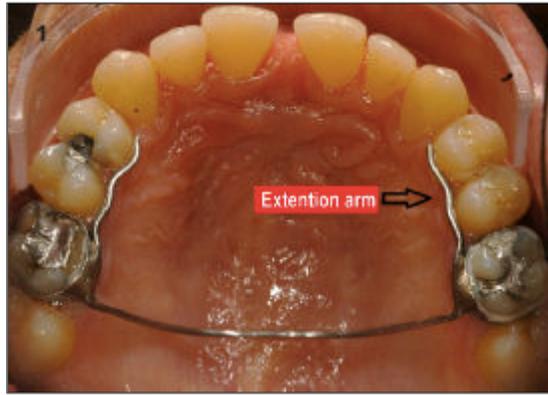


Figure 34 : Dispositif de contention type transpalatin, [112]

Ce dernier était placé après 4 mois de contention avec le disjoncteur et comparé à un groupe contrôle pour qui aucun dispositif n'était mis en place après les quatre premiers mois.

Les auteurs ne retrouvent aucune différence significative, à 10 mois post-distraktion.

Les rares études s'intéressant à la période de contention montrent qu'il n'y a aucun consensus quant au dispositif et à la durée de la contention. De plus, il semble très difficile d'étudier ces paramètres étant donné que le traitement chirurgical va très rapidement laisser place au traitement orthodontique afin de répondre aux objectifs de traitement.

Il semble certain qu'il soit utile de laisser en place au moins 6 mois un dispositif fixe et rigide étant donné le manque de maturité de la néo-formation osseuse.

7 CONCLUSION

Ce travail nous a permis dans un premier temps, de voir que l'âge civil du patient n'est pas le seul critère décisionnel dans le choix du protocole chirurgical. En effet, les récentes études montrent que la fermeture de la suture palatine peut être très tardive. De ce fait, l'indication de la distraction maxillaire doit tenir compte de l'âge du patient, du gain transversal à obtenir, et du parodonte.

Dans un second temps, la littérature n'offre aucun consensus au niveau chirurgical. Effectivement, que ce soit au niveau de la disjonction ptérygomaxillaire ou des traits d'ostéotomies, les conclusions sont divergentes et il semble que le mieux soit de s'en remettre à l'expérience et aux habitudes du chirurgien maxillo-facial.

L'avènement récent des mini-vis d'ancrages a permis de mettre au point des dispositifs d'expansion qui s'affranchissent d'un appui dentaire. Cependant, les récentes publications tardent à démontrer un réel avantage de ces dispositifs.

Enfin, au niveau des effets que l'on peut attendre de la distraction maxillaire, il faut oublier un effet 100% squelettique. En effet, l'utilisation de la radiographie tridimensionnelle nous a permis de mesurer le véritable gain d'origine squelettique et celui-ci ne dépasse guère les 50%. Il semble se dégager timidement une efficacité plus importante des dispositifs à appuis osseux.

Aucun dispositif de contention n'apparaît non plus comme le « gold standard » et le choix sera fonction des habitudes et du plan de traitement prévu par l'orthodontiste.

On se rend donc compte que les résultats des nombreuses études sont très hétérogènes, et qu'il s'avère nécessaire de monter des essais de plus haut grade afin de définir des lignes de conduite claires même si cela s'avère difficile comme l'explique très bien le Dr Ergina [113].

Il faut tout de même souligner que la distraction maxillaire est une technique orthodontico-chirurgicale qui semble efficace et prédictible afin de corriger l'endognathie maxillaire chez le patient en fin de croissance.

8 TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 2 : Anatomie osseuse du palais, Image Google.....	20
Figure 3 : schéma embryologique montrant le palais primaire et les processus palatins latéraux à la 8 ^{ème} semaine in-utéro, d'après Moore et Persaud, chap11, p219-238.	21
Figure 4 : stade infantile : à droite un schéma de l'auteur, et à gauche une vue au microscope de la suture, [11]	22
Figure 5 : stade juvénile : à droite un schéma de l'auteur et à gauche une vue au microscope de la suture, Melsen et al. [11].....	22
Figure 6 : stade adolescent : à droite un schéma de l'auteur et à gauche une vue au microscope de la suture, Melsen et al. [11].....	23
Figure 7 : A gauche : on aperçoit une spicule osseuse en cours de formation. On remarque la présence d'ostéocytes au milieu de la néoformation osseuse (Coloration : éolien de Mayer, *250).....	24
Figure 8 : A gauche : chez cet homme de 23 ans, la suture est partiellement oblitérée par cette masse calcifiée et inhomogène ressemblant à un ancien pont osseux fracturé (Coloration : éolien de Mayer, *250).....	24
Figure 9 : Classification des différents stades de maturation de la suture , Angelieri et al. [22].....	27
Figure 10 : arbre décisionnel, [22].....	28
Figure 11 : Répartition des stades de maturation de la suture après études CBCT, Angelieri et al. [22].....	28
Figure 12 : crâne de face montrant les différentes sutures étudiées [30].....	31
Figure 13 : crâne vue de dessous montrant les différentes sutures étudiées [30].....	31
Figure 15 : illustrant la répartition des contraintes en fonction du type de chirurgie, [40].....	37
Figure 16 : traits d'ostéotomie proposés par Timms et Vero [18].....	42
Figure 17 : A gauche : traits d'ostéotomie classique aboutissant à deux pièces.....	43
Figure 18 : Appareil type Haas, www.Dolphinimaging.com	47
Figure 19 : Expansion asymétrique du maxillaire après distraction, Koudstall et al [60].....	48
Figure 20 : A gauche : appareil Hyrax (image personnelle), et à droite : appareil de Haas [4].....	51
Figure 21 : Disjoncteurs à appuis osseux en place et à droite les différentes tailles de vis, Mommaerts et al. [20]	52
Figure 22 : la position des vis est déterminée sur le modèle avant l'opération pour éviter de léser les racines dentaires, Lida et al. [20].....	52
Figure 23 : Disjoncteur Rotterdam, www.klsmartin.com	53
Figure 24 : Disjoncteur hybride utilisé chez un adolescent en croissance, Wilmes et al. [69].....	55
Figure 25 : Images CBCT modifiées afin de montrer les différences de chronologie, Kayalar et al. [68].....	58
Figure 26 : schéma illustrant les 4 zones de formation du cal osseux , Karp et al [74].....	62
Figure 27 : Les deux types d'ouverture de la suture : Type I à gauche, type II à droite, Pereira et al. [75].....	62
Figure 28 : Marqueurs radiologiques inventées par Gurgel [78].....	64
Figure 29 : Exemple de superpositions. En rouge ce qui est plus postérieur qu'au départ et en vert ce qui est plus antérieur, Nada et al [87].	70
Figure 30 : exemple de résultats de superposition après tractions intermaxillaires chez des patients en classe III squeletiques, Heymann et al. [88].....	70
Figure 31 : acquisition de la face afin de déterminer le mouvement des tissus mous, Nada et al. [102].....	79
Figure 32 : résultats de la distraction sur les tissus osseux (à droite), et sur les tissus mous (à gauche), Nada et al. [102]	80
Figure 33 : Volume aérique nasal isolé, Nada et al. [106].....	81
Figure 34 : Dispositif de contention type transpalatin, [112].....	84

9 BIBLIOGRAPHIE

- [1] « On the means of lengthening, in the lower limbs, the muscles and tissues which are shortened through deformity. 1904. - PubMed - NCBI ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8156694>. [Consulté le: 03-août-2017].
- [2] G. A. Ilizarov, « [Basic principles of transosseous compression and distraction osteosynthesis] », *Ortop. Travmatol. Protez.*, vol. 32, n° 11, p. 7-15, nov. 1971.
- [3] « Controverses en chirurgie orale et maxillo-faciale (part two): Prise en charge des rétrognathies mandibulaires sévères de l'adulte grâce à l'ostéogenèse par distraction », *ResearchGate*. [En ligne]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/publication/256851872_Controverses_en_chirurgie_orale_et_maxillo-faciale_part_two_Prise_en_charge_des_retrognathies_mandibulaires_severes_de_l'adulte_grace_a_l'osteogenese_par_distraction. [Consulté le: 03-août-2017].
- [4] A. J. Haas, « Rapid Expansion Of The Maxillary Dental Arch And Nasal Cavity By Opening The Midpalatal Suture », *Angle Orthod.*, vol. 31, n° 2, p. 73-90, avr. 1961.
- [5] L. Capelozza Filho, J. Cardoso Neto, O. G. da Silva Filho, et W. J. Ursi, « Non-surgically assisted rapid maxillary expansion in adults », *Int. J. Adult Orthodon. Orthognath. Surg.*, vol. 11, n° 1, p. 57-66; discussion 67-70, 1996.
- [6] W. M. Northway et J. B. Meade, « Surgically assisted rapid maxillary expansion: a comparison of technique, response, and stability », *Angle Orthod.*, vol. 67, n° 4, p. 309-320, 1997.
- [7] C. S. Handelman, L. Wang, E. A. BeGole, et A. J. Haas, « Nonsurgical rapid maxillary expansion in adults: report on 47 cases using the Haas expander », *Angle Orthod.*, vol. 70, n° 2, p. 129-144, avr. 2000.
- [8] A. T. Altug Atac, H. A. Karasu, et D. Aytac, « Surgically assisted rapid maxillary expansion compared with orthopedic rapid maxillary expansion », *Angle Orthod.*, vol. 76, n° 3, p. 353-359, mai 2006.
- [9] O. Sokucu, H. H. Kosger, A. A. Bicakci, et H. Babacan, « Stability in dental changes in RME and SARME: a 2-year follow-up », *Angle Orthod.*, vol. 79, n° 2, p. 207-213, mars 2009.
- [10] J. Delaire, « [Considerations on facial growth (particularly of the maxilla). Therapeutic deductions] », *Rev. Stomatol. Chir. Maxillofac.*, vol. 72, n° 1, p. 57-76, févr. 1971.
- [11] B. Melsen, « Palatal growth studied on human autopsy material. A histologic microradiographic study », *Am. J. Orthod.*, vol. 68, n° 1, p. 42-54, juill. 1975.
- [12] M. Persson, B. C. Magnusson, et B. Thilander, « Sutural closure in rabbit and man: a morphological and histochemical study », *J. Anat.*, vol. 125, n° Pt 2, p. 313-321, févr. 1978.
- [13] B. Knaup, F. Yildizhan, et H. Wehrbein, « Age-related changes in the midpalatal suture. A histomorphometric study », *J. Orofac. Orthop. Fortschritte Kieferorthopadie Organ Official J. Dtsch. Ges. Kieferorthopadie*, vol. 65, n° 6, p. 467-474, nov. 2004.

- [14] H. Korbmacher, A. Schilling, K. Püschel, M. Amling, et B. Kahl-Nieke, « Age-dependent three-dimensional microcomputed tomography analysis of the human midpalatal suture », *J. Orofac. Orthop. Fortschritte Kieferorthopadie Organ Official J. Dtsch. Ges. Kieferorthopadie*, vol. 68, n° 5, p. 364-376, sept. 2007.
- [15] E. L. Korn et S. Baumrind, « Transverse development of the human jaws between the ages of 8.5 and 15.5 years, studied longitudinally with use of implants », *J. Dent. Res.*, vol. 69, n° 6, p. 1298-1306, juin 1990.
- [16] M. Persson et B. Thilander, « Palatal suture closure in man from 15 to 35 years of age », *Am. J. Orthod.*, vol. 72, n° 1, p. 42-52, juill. 1977.
- [17] Epker, B.N., Wolford, L.M., « Transverse maxillary deficiency dentofacial deformities: integrated orthodontic and surgical correction. Mosby, St Louis; 1980 ».
- [18] D. J. Timms et D. Vero, « The relationship of rapid maxillary expansion to surgery with special reference to midpalatal synostosis », *Br. J. Oral Surg.*, vol. 19, n° 3, p. 180-196, sept. 1981.
- [19] F. K. Byloff et C. F. Mossaz, « Skeletal and dental changes following surgically assisted rapid palatal expansion », *Eur. J. Orthod.*, vol. 26, n° 4, p. 403-409, août 2004.
- [20] M. Y. Mommaerts, « Transpalatal distraction as a method of maxillary expansion », *Br. J. Oral Maxillofac. Surg.*, vol. 37, n° 4, p. 268-272, août 1999.
- [21] M. C. Alpern et J. J. Yurosko, « Rapid palatal expansion in adults with and without surgery », *Angle Orthod.*, vol. 57, n° 3, p. 245-263, juill. 1987.
- [22] F. Angelieri, L. H. S. Cevdanes, L. Franchi, J. R. Gonçalves, E. Benavides, et J. A. McNamara, « Midpalatal suture maturation: classification method for individual assessment before rapid maxillary expansion », *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop. Off. Publ. Am. Assoc. Orthod. Its Const. Soc. Am. Board Orthod.*, vol. 144, n° 5, p. 759-769, nov. 2013.
- [23] F. Angelieri, L. Franchi, L. H. S. Cevdanes, et J. A. McNamara, « Diagnostic performance of skeletal maturity for the assessment of midpalatal suture maturation », *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop. Off. Publ. Am. Assoc. Orthod. Its Const. Soc. Am. Board Orthod.*, vol. 148, n° 6, p. 1010-1016, déc. 2015.
- [24] Krukemeyer AM., « The effects of sutural and cervical vertebral maturation on dentoalveolar versus skeletal responses to rapid maxillary expansion ».
- [25] T. Baccetti, L. Franchi, et J. A. McNamara, « The Cervical Vertebral Maturation (CVM) Method for the Assessment of Optimal Treatment Timing in Dentofacial Orthopedics », *Semin. Orthod.*, vol. 11, n° 3, p. 119-129, sept. 2005.
- [26] S. J. Chaconas et A. A. Caputo, « Observation of orthopedic force distribution produced by maxillary orthodontic appliances », *Am. J. Orthod.*, vol. 82, n° 6, p. 492-501, déc. 1982.
- [27] W. H. Bell et J. D. Jacobs, « Surgical-orthodontic correction of horizontal maxillary deficiency », *J. Oral Surg. Am. Dent. Assoc. 1965*, vol. 37, n° 12, p. 897-902, déc. 1979.
- [28] Alireza Jafari, MDS, M-Ortho, a ; K. Sadashiva Shetty, MDS, b, et Mohan Kumar, BE (Mech), ME (Design), MISTE, PhD, « Study of Stress Distribution and Displacement of Various Craniofacial Structures Following Application of Transverse Orthopedic Forces—A Three-dimensional FEM Study ».
- [29] J. W. Kennedy, W. H. Bell, O. L. Kimbrough, et W. B. James, « Osteotomy as an adjunct to rapid maxillary expansion », *Am. J. Orthod.*, vol. 70, n° 2, p. 123-137, août 1976.

- [30] A. Ghoneima, E. Abdel-Fattah, J. Hartsfield, A. El-Bedwehi, A. Kamel, et K. Kula, « Effects of rapid maxillary expansion on the cranial and circummaxillary sutures », *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop. Off. Publ. Am. Assoc. Orthod. Its Const. Soc. Am. Board Orthod.*, vol. 140, n° 4, p. 510-519, oct. 2011.
- [31] B. Melsen et F. Melsen, « The postnatal development of the palatomaxillary region studied on human autopsy material », *Am. J. Orthod.*, vol. 82, n° 4, p. 329-342, oct. 1982.
- [32] P. A. Lines, « Adult rapid maxillary expansion with corticotomy », *Am. J. Orthod.*, vol. 67, n° 1, p. 44-56, janv. 1975.
- [33] W. H. Bell et B. N. Epker, « Surgical-orthodontic expansion of the maxilla », *Am. J. Orthod.*, vol. 70, n° 5, p. 517-528, nov. 1976.
- [34] L. Suri et P. Taneja, « Surgically assisted rapid palatal expansion: a literature review », *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop. Off. Publ. Am. Assoc. Orthod. Its Const. Soc. Am. Board Orthod.*, vol. 133, n° 2, p. 290-302, févr. 2008.
- [35] N. J. Betts, R. L. Vanarsdall, H. D. Barber, K. Higgins-Barber, et R. J. Fonseca, « Diagnosis and treatment of transverse maxillary deficiency », *Int. J. Adult Orthodon. Orthognath. Surg.*, vol. 10, n° 2, p. 75-96, 1995.
- [36] S. Wriedt, M. Kunkel, A. Zentner, et U. W. Wahlmann, « Surgically assisted rapid palatal expansion. An acoustic rhinometric, morphometric and sonographic investigation », *J. Orofac. Orthop. Fortschritte Kieferorthopadie Organ Official J. Dtsch. Ges. Kieferorthopadie*, vol. 62, n° 2, p. 107-115, mars 2001.
- [37] B. R. Chrcanovic et A. L. N. Custódio, « Orthodontic or surgically assisted rapid maxillary expansion », *Oral Maxillofac. Surg.*, vol. 13, n° 3, p. 123-137, sept. 2009.
- [38] Angell EH., « Treatment of irregularity of the permanent or adult teeth. Dental Cosmos. 1860;1:540-4. 599-600. »
- [39] L. Laino *et al.*, « Patient Discomfort During and After Surgically Assisted Rapid Maxillary Expansion Under Local Anaesthesia », *J. Craniofac. Surg.*, vol. 27, n° 3, p. 772-775, mai 2016.
- [40] C. Holberg, S. Steinhäuser, et I. Rudzki, « Surgically assisted rapid maxillary expansion: midfacial and cranial stress distribution », *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop. Off. Publ. Am. Assoc. Orthod. Its Const. Soc. Am. Board Orthod.*, vol. 132, n° 6, p. 776-782, déc. 2007.
- [41] R. A. Bays et J. M. Greco, « Surgically assisted rapid palatal expansion: an outpatient technique with long-term stability », *J. Oral Maxillofac. Surg. Off. J. Am. Assoc. Oral Maxillofac. Surg.*, vol. 50, n° 2, p. 110-113; discussion 114-115, févr. 1992.
- [42] Han IH, An JS, Gu H, Kook MS, Park HJ, Oh HK., « Han IH, An JS, Gu H, Kook MS, Park HJ, Oh HK. Effects of pterygomaxillary separation on skeletal and dental changes following surgically-assisted rapid maxillary expansion. J Korean Assoc Maxillofac Plast Reconstr Surg 2006;28:320-8. »
- [43] K. Laudemann, O. Petruchin, M. G. Mack, S. Kopp, R. Sader, et C. A. Landes, « Evaluation of surgically assisted rapid maxillary expansion with or without pterygomaxillary disjunction based upon preoperative and post-expansion 3D computed tomography data », *Oral Maxillofac. Surg.*, vol. 13, n° 3, p. 159-169, sept. 2009.
- [44] B. C. do Egito Vasconcelos, A. F. Caubi, E. Dias, C. A. Lago, et G. G. Porto, « Surgically assisted rapid maxillary expansion: a preliminar study », *Braz. J. Otorhinolaryngol.*, vol. 72, n° 4, p. 457-461, août 2006.

- [45] E. Kilic, B. Kilic, G. Kurt, C. Sakin, et A. Alkan, « Effects of surgically assisted rapid palatal expansion with and without pterygomaxillary disjunction on dental and skeletal structures: a retrospective review », *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol.*, vol. 115, n° 2, p. 167-174, févr. 2013.
- [46] A. Sygouros, M. Motro, F. Ugurlu, et A. Acar, « Surgically assisted rapid maxillary expansion: cone-beam computed tomography evaluation of different surgical techniques and their effects on the maxillary dentoskeletal complex », *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop. Off. Publ. Am. Assoc. Orthod. Its Const. Soc. Am. Board Orthod.*, vol. 146, n° 6, p. 748-757, déc. 2014.
- [47] A. Hamedi Sangsari, P. Sadr-Eshkevari, A. Al-Dam, R. E. Friedrich, E. Freymiller, et A. Rashad, « Surgically Assisted Rapid Palatomaxillary Expansion With or Without Pterygomaxillary Disjunction: A Systematic Review and Meta-Analysis », *J. Oral Maxillofac. Surg. Off. J. Am. Assoc. Oral Maxillofac. Surg.*, vol. 74, n° 2, p. 338-348, févr. 2016.
- [48] M. Zandi, A. Miresmaeili, A. Heidari, et A. Lamei, « The necessity of pterygomaxillary disjunction in surgically assisted rapid maxillary expansion: A short-term, double-blind, historical controlled clinical trial », *J. Cranio-Maxillo-fac. Surg. Off. Publ. Eur. Assoc. Cranio-Maxillo-fac. Surg.*, vol. 44, n° 9, p. 1181-1186, sept. 2016.
- [49] K. Laudemann *et al.*, « Long-term 3D cast model study: bone-borne vs. tooth-borne surgically assisted rapid maxillary expansion due to secondary variables », *Oral Maxillofac. Surg.*, vol. 14, n° 2, p. 105-114, juin 2010.
- [50] M. Ferraro-Bezerra, R. N. Tavares, J. R. de Medeiros, A. S. Nogueira, R. L. Avelar, et E. C. Studart Soares, « Effects of Pterygomaxillary Separation on Skeletal and Dental Changes After Surgically Assisted Rapid Maxillary Expansion: A Single-Center, Double-Blind, Randomized Clinical Trial », *J. Oral Maxillofac. Surg. Off. J. Am. Assoc. Oral Maxillofac. Surg.*, août 2017.
- [51] Lehman JA, Haas AJ., « Surgical-orthodontic correction of transverse maxillary deficiency. *Dent Clin North Am.* 1990;34:385-95. »
- [52] M. A. Pogrel, L. B. Kaban, K. Vargervik, et S. Baumrind, « Surgically assisted rapid maxillary expansion in adults », *Int. J. Adult Orthodon. Orthognath. Surg.*, vol. 7, n° 1, p. 37-41, 1992.
- [53] (Betts, N.J., Ziccardi, V.B., « Surgically assisted maxillary expansion. in: R.J. Fonseca (Ed.) *Oral and maxillofacial surgery.* W.B. Saunders, Philadelphia; 2000:211-231.) ».
- [54] K. Habersack, J. Becker, O. Ristow, et G. W. Paulus, « Dental and Skeletal Effects of Two-Piece and Three-Piece Surgically Assisted Rapid Maxillary Expansion With Complete Mobilization: A Retrospective Cohort Study », *J. Oral Maxillofac. Surg.*, vol. 72, n° 11, p. 2278-2288, nov. 2014.
- [55] P. G. Morselli, « Surgical maxillary expansion: a new minimally invasive technique », *J. Cranio-Maxillo-fac. Surg. Off. Publ. Eur. Assoc. Cranio-Maxillo-fac. Surg.*, vol. 25, n° 2, p. 80-84, avr. 1997.
- [56] P. Mehra, D. A. Cottrell, A. Caiazzo, et R. Lincoln, « Life-threatening, delayed epistaxis after surgically assisted rapid palatal expansion: a case report », *J. Oral Maxillofac. Surg. Off. J. Am. Assoc. Oral Maxillofac. Surg.*, vol. 57, n° 2, p. 201-204, févr. 1999.
- [57] M. Verquin, L. Daems, et C. Politis, « Short-term complications after surgically assisted rapid palatal expansion: a retrospective cohort study », *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.*, déc. 2016.

- [58] G. Dergin, S. Aktop, A. Varol, F. Ugurlu, et H. Garip, « Complications related to surgically assisted rapid palatal expansion », *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol.*, vol. 119, n° 6, p. 601-607, juin 2015.
- [59] K. K. Li, J. G. Meara, et P. A. Rubin, « Orbital compartment syndrome following orthognathic surgery », *J. Oral Maxillofac. Surg. Off. J. Am. Assoc. Oral Maxillofac. Surg.*, vol. 53, n° 8, p. 964-968, août 1995.
- [60] B. J. D. Williams, S. Currimbhoy, A. Silva, et F. S. O’Ryan, « Complications following surgically assisted rapid palatal expansion: a retrospective cohort study », *J. Oral Maxillofac. Surg. Off. J. Am. Assoc. Oral Maxillofac. Surg.*, vol. 70, n° 10, p. 2394-2402, oct. 2012.
- [61] M. J. Koudstaal, E. B. Wolvius, A. J. M. Schulten, W. C. J. Hop, et K. G. H. van der Wal, « Stability, tipping and relapse of bone-borne versus tooth-borne surgically assisted rapid maxillary expansion; a prospective randomized patient trial », *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.*, vol. 38, n° 4, p. 308-315, avr. 2009.
- [62] M. D. Pereira, A. F. Koga, G. P. R. Prado, et L. M. Ferreira, « Complications From Surgically Assisted Rapid Maxillary Expansion With HAAS and HYRAX Expanders », *J. Craniofac. Surg.*, oct. 2017.
- [63] M. Woods, D. Wiesenfeld, et T. Probert, « Surgically-assisted maxillary expansion », *Aust. Dent. J.*, vol. 42, n° 1, p. 38-42, févr. 1997.
- [64] O. Seitz, C. A. Landes, D. J. Philipp, R. Sader, et C. M. Klein, « Reliable surgically assisted rapid palatal expansion by maxillary widening device », *J. Craniofac. Surg.*, vol. 19, n° 3, p. 846-849, mai 2008.
- [65] B. Bayram, K. Deniz, E. Aydin, et S. Uckan, « Is auditory function affected after Le Fort I osteotomy? », *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.*, vol. 41, n° 6, p. 709-712, juin 2012.
- [66] C. Chuah et P. Mehra, « Bilateral lingual anesthesia following surgically assisted rapid palatal expansion: report of a case », *J. Oral Maxillofac. Surg. Off. J. Am. Assoc. Oral Maxillofac. Surg.*, vol. 63, n° 3, p. 416-418, mars 2005.
- [67] R. W. Mermer, C. A. Rider, et D. B. Cleveland, « Nasopalatine canal cyst: a rare sequelae of surgical rapid palatal expansion », *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.*, vol. 80, n° 6, p. 620, déc. 1995.
- [68] E. Kayalar, M. Schauseil, S. V. Kuvat, U. Emekli, et S. Firatli, « Comparison of tooth-borne and hybrid devices in surgically assisted rapid maxillary expansion: A randomized clinical cone-beam computed tomography study », *J. Cranio-Maxillo-fac. Surg. Off. Publ. Eur. Assoc. Cranio-Maxillo-fac. Surg.*, vol. 44, n° 3, p. 285-293, mars 2016.
- [69] Wilmes, « Mini implants in orthodontics ».
- [70] J. Verstraaten *et al.*, « A systematic review of the effects of bone-borne surgical assisted rapid maxillary expansion », *J. Cranio-Maxillo-fac. Surg. Off. Publ. Eur. Assoc. Cranio-Maxillo-fac. Surg.*, vol. 38, n° 3, p. 166-174, avr. 2010.
- [71] R. Seeberger, D. Abe-Nickler, J. Hoffmann, K. Kunzmann, et S. Zingler, « One-stage tooth-borne distraction versus two stage bone-borne distraction in surgically assisted maxillary expansion (SARME) », *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol.*, vol. 120, n° 6, p. 693-698, décembre 2015.
- [72] G. A. Ilizarov, « Clinical application of the tension-stress effect for limb lengthening », *Clin. Orthop.*, n° 250, p. 8-26, janv. 1990.
- [73] H. Kojimoto, N. Yasui, T. Goto, S. Matsuda, et Y. Shimomura, « Bone lengthening in rabbits by callus distraction. The role of periosteum and endosteum », *J. Bone Joint Surg. Br.*, vol. 70, n° 4, p. 543-549, août 1988.

- [74] N. S. Karp, J. G. McCarthy, J. S. Schreiber, H. A. Sissons, et C. H. Thorne, « Membranous bone lengthening: a serial histological study », *Ann. Plast. Surg.*, vol. 29, n° 1, p. 2-7, juill. 1992.
- [75] M. D. Pereira, G. P. R. Prado, M. M. F. Abramoff, A. C. Aloise, et L. Masako Ferreira, « Classification of midpalatal suture opening after surgically assisted rapid maxillary expansion using computed tomography », *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.*, vol. 110, n° 1, p. 41-45, juill. 2010.
- [76] D. G. SALGUEIRO, V. H. L. de O. RODRIGUES, V. TIEGHI, C. C. de MENEZES, E. S. GONÇALES, et O. FERREIRA, « Evaluation of opening pattern and bone neoformation at median palatal suture area in patients submitted to surgically assisted rapid maxillary expansion (SARME) through cone beam computed tomography », *J. Appl. Oral Sci.*, vol. 23, n° 4, p. 397-404, 2015.
- [77] S. Petrick, T. Hothan, V. Hietschold, M. Schneider, W. Harzer, et E. Tausche, « Bone density of the midpalatal suture 7 months after surgically assisted rapid palatal expansion in adults », *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop. Off. Publ. Am. Assoc. Orthod. Its Const. Soc. Am. Board Orthod.*, vol. 139, n° 4 Suppl, p. S109-116, avr. 2011.
- [78] Gurgel, J.A., Sant'Ana, E., Ferreira Júnior, O., Sant'Ana, L.F., Giglio, F.P., « The use of markers as dental landmark in frontal cephalometric radiography: method proposal. R Dental Press Ortodon Ortop Facial. 2005;6:84-90. »
- [79] S. Chamberland et W. R. Proffit, « Short-term and long-term stability of surgically assisted rapid palatal expansion revisited », *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop. Off. Publ. Am. Assoc. Orthod. Its Const. Soc. Am. Board Orthod.*, vol. 139, n° 6, p. 815-822.e1, juin 2011.
- [80] D. F. Siqueira, M. de A. Cardoso, L. Capelozza, D. C. Goldenberg, et M. dos S. Fernandes, « Periodontal and dental effects of surgically assisted rapid maxillary expansion, assessed by using digital study models », *Dent. Press J. Orthod.*, vol. 20, n° 3, p. 58-63, 2015.
- [81] G. N. L. Vilani, C. T. Mattos, A. C. de Oliveira Ruellas, et L. C. Maia, « Long-term dental and skeletal changes in patients submitted to surgically assisted rapid maxillary expansion: a meta-analysis », *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol.*, vol. 114, n° 6, p. 689-697, déc. 2012.
- [82] J. L. Berger, V. Pangrazio-Kulbersh, T. Borgula, et R. Kaczynski, « Stability of orthopedic and surgically assisted rapid palatal expansion over time », *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop. Off. Publ. Am. Assoc. Orthod. Its Const. Soc. Am. Board Orthod.*, vol. 114, n° 6, p. 638-645, déc. 1998.
- [83] J. A. Gurgel, C. M. Tiago, et D. Normando, « Transverse changes after surgically assisted rapid palatal expansion », *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.*, vol. 43, n° 3, p. 316-322, mars 2014.
- [84] J. P. de Gijt, A. Gül, S. T. H. Tjoa, E. B. Wolvius, K. G. H. van der Wal, et M. J. Koudstaal, « Follow up of surgically-assisted rapid maxillary expansion after 6.5 years: skeletal and dental effects », *Br. J. Oral Maxillofac. Surg.*, vol. 55, n° 1, p. 56-60, janv. 2017.
- [85] L. Cevidaneš *et al.*, « Superimposition of 3D cone-beam CT models of orthognathic surgery patients », *Dento Maxillo Facial Radiol.*, vol. 34, n° 6, p. 369-375, nov. 2005.
- [86] R. M. Nada, T. J. J. Maal, K. H. Breuning, S. J. Bergé, Y. A. Mostafa, et A. M. Kuijpers-Jagtman, « Accuracy and reproducibility of voxel based superimposition

- of cone beam computed tomography models on the anterior cranial base and the zygomatic arches », *PloS One*, vol. 6, n° 2, p. e16520, févr. 2011.
- [87] R. M. Nada, P. S. Fudalej, T. J. J. Maal, S. J. Bergé, Y. A. Mostafa, et A. M. Kuijpers-Jagtman, « Three-dimensional prospective evaluation of tooth-borne and bone-borne surgically assisted rapid maxillary expansion », *J. Cranio-Maxillo-fac. Surg. Off. Publ. Eur. Assoc. Cranio-Maxillo-fac. Surg.*, vol. 40, n° 8, p. 757-762, déc. 2012.
- [88] G. C. Heymann, L. Cevidanes, M. Cornelis, H. J. De Clerck, et J. F. Camilla Tulloch, « Three-dimensional analysis of maxillary protraction with intermaxillary elastics to miniplates », *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop. Off. Publ. Am. Assoc. Orthod. Its Const. Soc. Am. Board Orthod.*, vol. 137, n° 2, p. 274-284, févr. 2010.
- [89] L. H. C. Cevidanes, G. Heymann, M. A. Cornelis, H. J. DeClerck, et J. F. C. Tulloch, « Superimposition of 3-dimensional cone-beam computed tomography models of growing patients », *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop. Off. Publ. Am. Assoc. Orthod. Its Const. Soc. Am. Board Orthod.*, vol. 136, n° 1, p. 94-99, juill. 2009.
- [90] M. Zandi, A. Miresmaeili, et A. Heidari, « Short-term skeletal and dental changes following bone-borne versus tooth-borne surgically assisted rapid maxillary expansion: a randomized clinical trial study », *J. Cranio-Maxillo-fac. Surg. Off. Publ. Eur. Assoc. Cranio-Maxillo-fac. Surg.*, vol. 42, n° 7, p. 1190-1195, oct. 2014.
- [91] W. Zemann, M. Schanbacher, M. Feichtinger, A. Linecker, et H. Kärcher, « Dentoalveolar changes after surgically assisted maxillary expansion: a three-dimensional evaluation », *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.*, vol. 107, n° 1, p. 36-42, janv. 2009.
- [92] D. C. Goldenberg *et al.*, « Hyrax appliance opening and pattern of skeletal maxillary expansion after surgically assisted rapid palatal expansion: a computed tomography evaluation », *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.*, vol. 106, n° 6, p. 812-819, déc. 2008.
- [93] I. Camps-Perepérez, R. Guijarro-Martínez, M. A. Peiró-Guijarro, et F. Hernández-Alfaro, « The value of cone beam computed tomography imaging in surgically assisted rapid palatal expansion: a systematic review of the literature », *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.*, vol. 46, n° 7, p. 827-838, juill. 2017.
- [94] Gilon Y, Heymans O, Limme M, et al., « Indications et implications de la disjonction chirurgicale du maxillaire supérieur dans les traitements orthodonticochirurgicaux. *Rev Stomatol Chir Maxillofac* 2000;101:252 Y 258 ».
- [95] G. Iodice, T. Bocchino, M. Casadei, D. Baldi, et M. Robiony, « Evaluations of sagittal and vertical changes induced by surgically assisted rapid palatal expansion », *J. Craniofac. Surg.*, vol. 24, n° 4, p. 1210-1214, juill. 2013.
- [96] J. L. G. Bretos, M. D. Pereira, H. C. Gomes, C. Toyama Hino, et L. M. Ferreira, « Sagittal and vertical maxillary effects after surgically assisted rapid maxillary expansion (SARME) using Haas and Hyrax expanders », *J. Craniofac. Surg.*, vol. 18, n° 6, p. 1322-1326, nov. 2007.
- [97] C.-H. Chung, A. Woo, J. Zagarinsky, R. L. Vanarsdall, et R. J. Fonseca, « Maxillary sagittal and vertical displacement induced by surgically assisted rapid palatal expansion », *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.*, vol. 120, n° 2, p. 144-148, août 2001.
- [98] T. Xi *et al.*, « The effects of surgically assisted rapid maxillary expansion (SARME) on the dental show and chin projection », *J. Cranio-Maxillo-fac. Surg. Off. Publ. Eur. Assoc. Cranio-Maxillo-fac. Surg.*, août 2017.
- [99] C. Gauthier, R. Voyer, M. Paquette, P. Rompré, et A. Papadakis, « Periodontal effects of surgically assisted rapid palatal expansion evaluated clinically and with

- cone-beam computerized tomography: 6-month preliminary results », *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop. Off. Publ. Am. Assoc. Orthod. Its Const. Soc. Am. Board Orthod.*, vol. 139, n° 4 Suppl, p. S117-128, avr. 2011.
- [100] T. Jensen, L. H. Johannesen, et M. Rodrigo-Domingo, « Periodontal changes after surgically assisted rapid maxillary expansion (SARME) », *Oral Maxillofac. Surg.*, vol. 19, n° 4, p. 381-386, 2015.
- [101] G. A. Ramieri, M. C. Spada, M. Austa, S. D. Bianchi, et S. Berrone, « Transverse maxillary distraction with a bone-anchored appliance: dento-periodontal effects and clinical and radiological results », *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.*, vol. 34, n° 4, p. 357-363, juin 2005.
- [102] R. M. Nada *et al.*, « Three-dimensional evaluation of soft tissue changes in the orofacial region after tooth-borne and bone-borne surgically assisted rapid maxillary expansion », *Clin. Oral Investig.*, vol. 17, n° 9, p. 2017-2024, déc. 2013.
- [103] G. A. Ramieri, A. Nasi, A. Dell'acqua, et L. Verzé, « Facial soft tissue changes after transverse palatal distraction in adult patients », *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.*, vol. 37, n° 9, p. 810-818, sept. 2008.
- [104] A.-Y. Gungor, H. Türkkahraman, T. Baykul, et H. Alkis, « Comparison of the effects of rapid maxillary expansion and surgically assisted rapid maxillary expansion in the sagittal, vertical, and transverse planes », *Med. Oral Patol. Oral Cirurgia Bucal*, vol. 17, n° 2, p. e311-319, mars 2012.
- [105] B. van Loon *et al.*, « 3D Stereophotogrammetric assessment of pre- and postoperative volumetric changes in the cleft lip and palate nose », *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.*, vol. 39, n° 6, p. 534-540, juin 2010.
- [106] R. M. Nada *et al.*, « Volumetric changes of the nose and nasal airway 2 years after tooth-borne and bone-borne surgically assisted rapid maxillary expansion », *Eur. J. Oral Sci.*, vol. 121, n° 5, p. 450-456, oct. 2013.
- [107] J. L. Berger, V. Pangrazio-Kulbersh, B. W. Thomas, et R. Kaczynski, « Photographic analysis of facial changes associated with maxillary expansion », *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.*, vol. 116, n° 5, p. 563-571, nov. 1999.
- [108] W. Deeb, L. Hansen, T. Hotan, V. Hietschold, W. Harzer, et E. Tausche, « Changes in nasal volume after surgically assisted bone-borne rapid maxillary expansion », *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop. Off. Publ. Am. Assoc. Orthod. Its Const. Soc. Am. Board Orthod.*, vol. 137, n° 6, p. 782-789, juin 2010.
- [109] A. Magnusson, K. Bjerklin, P. Nilsson, F. Jönsson, et A. Marcusson, « Nasal cavity size, airway resistance, and subjective sensation after surgically assisted rapid maxillary expansion: a prospective longitudinal study », *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop. Off. Publ. Am. Assoc. Orthod. Its Const. Soc. Am. Board Orthod.*, vol. 140, n° 5, p. 641-651, nov. 2011.
- [110] C. E. Sverzut *et al.*, « Effect of surgically assisted rapid maxillary expansion on masticatory muscle activity: A pilot study », *Ann. Maxillofac. Surg.*, vol. 1, n° 1, p. 32-36, 2011.
- [111] WALKER DA., « Controverses en chirurgie orale et maxillo-faciale (part two). Prise en charge des rétrognathies mandibulaires sévères de l'adulte grâce à l'ostéogénèse par distraction. *J Oral Maxillofac Surg* 2002 ; 60 : 1341-6. »
- [112] G. P. R. Prado, F. Furtado, A. C. Aloise, J. P. R. Biló, L. Masako Ferreira, et M. D. Pereira, « Stability of surgically assisted rapid palatal expansion with and without retention analyzed by 3-dimensional imaging », *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop. Off. Publ. Am. Assoc. Orthod. Its Const. Soc. Am. Board Orthod.*, vol. 145, n° 5, p. 610-616, mai 2014.

[113] P. L. Ergina *et al.*, « Challenges in evaluating surgical innovation », *Lancet*, vol. 374, n° 9695, p. 1097-1104, sept. 2009.

Th. D. : Chir. Dent. : Lille 2 : Année 2017 - N°:

Correction de l'endognathie maxillaire chez le patient en fin de croissance par distraction maxillaire / **VOISIN Maxime.**- 96p ; ill. :34 ; réf. 113

Domaines : Orthodontie, Chirurgie Maxillo-Faciale

Mots clés Rameau: Orthopédie dento-faciale, Chirurgie plastique

Mots clés FMeSH: Chirurgie orthognathique, Chirurgie plastique

Mots clés libres : Distraction maxillaire

Résumé de la thèse :

En 2017, la demande orthodontique de la part des patients adultes est croissante dans nos cabinets, avec parfois des tableaux cliniques sévères. Cependant, nos possibilités thérapeutiques sont plus limitées que chez l'enfant en croissance : l'orthopédie n'a en effet plus sa place et lorsque les dysmorphoses sont trop importantes la chirurgie orthognathique s'impose.

Pour la gestion de la dimension transversale et tout particulièrement des endognathies maxillaire, le praticien doit généralement avoir recours à une technique orthodontico-chirurgicale : **la distraction maxillaire.**

Au cours de cette thèse, nous présenterons donc l'intérêt de cette procédure chez l'adulte, sa mise en oeuvre chirurgicale ainsi que les résultats obtenus au niveau squelettique, alvéole-dentaire, parodontal et peaucier.

Il sera également discuté du type de disjoncteur, à appuis dentaires, osseux ou hybrides.

Enfin les moyens de contention seront abordés.

Ce cheminement nous permettra d'effectuer une revue de la littérature en 2017 sur la distraction maxillaire.

JURY :

Président : Pr Guillaume Penel

Assesseurs : Dr Laurent Nawrocki

Dr Emmanuel Bocquet

Dr Héloïse Beck