



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

ACADÉMIE DE NANCY-METZ
UNIVERSITÉ DE LORRAINE
FACULTÉ D'ODONTOLOGIE DE LORRAINE

Année 2021

N°11949C

THÈSE

pour le

DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

par

Marie WOLFF FREY

Née le 08 avril 1993 à Metz (Moselle)

**Occlusion inversée postérieure chez l'enfant : du diagnostic
clinique à la prise en charge thérapeutique**

Présentée et soutenue publiquement le 27 septembre 2021

Composition du jury :

Président :

Pr Éric MORTIER

Membre :

Dr Stéphanie JAGER

Membre invité :

Dr Kazutoyo YASUKAWA

Directrices de thèse :

Dr Magali HERNANDEZ

Dr Marilyne SENG

Par délibération en date du 11 décembre 1972, la Faculté de Chirurgie Dentaire a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ou improbation.

Président : Professeur Pierre MUTZENHARDT

Doyen : Professeur Jean-Marc MARTRETTE

Vice-Doyens : Dr Céline CLEMENT – Dr Rémy BALTHAZARD – Dr Anne-Sophie VAILLANT

Membres Honoraires : Dr L. BABEL – Pr. S. DURIVAUX – Pr A. FONTAINE – Pr G. JACQUART – Pr D. ROZENCWEIG - Pr ARTIS

Doyens Honoraires : Pr J. VADOT, Pr J.P. LOUIS

Département odontologie pédiatrique Sous-section 56-01	Mme	JAGER Stéphanie	Maître de conférences *
	M.	PREVOST Jacques	Maître de conférences
	Mme	HERNANDEZ Magali	Maître de conférences *
	M.	HAINOT Raphaël	Assistant
	Mme	HILT Léa	Assistante
Département orthopédie dento-faciale Sous-section 56-01	Mme	HOMBOURGER Morgane	Assistante
	M.	VANDE VANNET Bart	Professeur des universités *
	Mme	SENG Marilyne	Assistante
Département prévention, épidémiologie, économie de la santé, odontologie légale Sous-section 56-02	Mme	TRAN Mai-Linh	Assistante
	Mme	CLÉMENT Céline	Maître de conférences *
	M.	BAUDET Alexandre	Maître de conférences associé*
	Mme	CAIONE Mariette	Assistante
Département parodontologie Sous-section 57-01	M.	VEYNACHTER Thomas	Assistant *
	Mme	BISSON Catherine	Professeur des universités *
	M.	JOSEPH David	Maître de conférences *
Département chirurgie orale Sous-section 57-01	Mme	VITALI Marine	Assistante
	Mme	GUILLET-THIBAUT Julie	Maître de conférences *
	M.	BRAVETTI Pierre	Maître de conférences
	Mme	KICHENBRAND Charlene	Maître de conférences *
	Mme	PHULPIN Bérengère	Maître de conférences *
	M.	CLERC Sébastien	Enseignant univ. – praticien attaché*
	Mme	DE VERBIZIER Charlotte	Assistante
Département biologie orale Sous-section 57-01	Mme	PEREIRA Laure	Assistante
	M.	YASUKAWA Kazutoyo	Maître de conférences *
	M.	MARTRETTE Jean-Marc	Professeur des universités *
	Mme	EGLOFF-JURAS Claire	Maître de conférences *
Département dentisterie restauratrice, endodontie Sous-section 58-01	M.	LOISON-ROBERT Ludwig	Maître de conférences *
	M.	MORTIER Éric	Professeur des universités *
	M.	ENGELS-DEUTSCH Marc	Professeur des universités *
	M.	AMORY Christophe	Maître de conférences
	M.	BALTHAZARD Rémy	Maître de conférences *
	M.	VINCENT Marin	Maître de conférences*
	Mme	DAVRIL Jeanne	Assistante *
	M.	GISS Renaud	Enseignant univ. – praticien attaché*
Département prothèses Sous-section 58-01	M.	GRABER Clément	Assistant
	M.	DE MARCH Pascal	Maître de conférences
	Mme	CORNE Pascale	Maître de conférences *
	M.	SCHOUVER Jacques	Maître de conférences
	Mme	VAILLANT Anne-Sophie	Maître de conférences *
	Mme	GERBER Caroline	Assistante *
	Mme	PRINTZ Elodie	Assistante
	M.	SYDA Paul-Marie	Assistant
	Mme	WILK Sabine	Assistante
Département fonction-dysfonction, imagerie, biomatériaux Sous-section 58-01	M.	HIRTZ Pierre	Maître de conférences associé
	Mme	STRAZIELLE Catherine	Professeur des universités *
	Mme	MOBY (STUTZMANN) Vanessa	Maître de conférences *
	M.	SALOMON Jean-Pierre	Maître de conférences
	Mme	JANTZEN-OSSOLA Caroline	Assistante associée

Souligné : responsable de département

* temps plein

Mis à jour le 1^{er} septembre 2021

REMERCIEMENTS

À NOTRE PRÉSIDENT

Monsieur le Professeur Éric MORTIER

Docteur en chirurgie dentaire

Docteur de l'université Henri Poincaré en physique-chimie de la matière et des matériaux

Habilitation à diriger des recherches Professeur des Universités – praticien hospitalier

Responsable du département de dentisterie restauratrice, endodontie

Chef du service d'Odontologie du CHRU de Nancy

*Nous vous remercions de l'honneur que vous nous faites en acceptant de présider le
jury de notre thèse.
Puissiez trouver dans ce travail l'expression de notre sincère reconnaissance et de
notre profond respect.*

À NOTRE DIRECTRICE DE THÈSE

Madame le Docteur Magali HERNANDEZ

Docteur en chirurgie dentaire

Maître de Conférences Universitaire – praticien hospitalier

*Veillez croire en l'honneur que vous nous avez fait en dirigeant notre travail.
Nous vous remercions pour votre aide précieuse, pour votre disponibilité, ainsi que
pour votre humanisme.
Nous tenions à vous témoigner de notre gratitude pour la qualité de votre
enseignement.
Nous espérons sincèrement que cette thèse sera à la hauteur de la confiance que
vous nous avez portée.
Veillez croire en notre sincère considération et notre profond respect.*

À NOTRE DIRECTRICE DE THÈSE

Madame le Docteur Marilyn SENG

Docteur en chirurgie dentaire

Spécialiste qualifiée en Orthopédie Dento-Faciale

Assistante Hospitalo-Universitaire

*Veillez trouver ici le témoignage de notre profond respect et notre gratitude en
dirigeant l'élaboration de notre thèse.
Nous vous remercions d'avoir permis la rédaction de notre travail avec bienveillance,
pour la richesse de vos connaissances, vos précieux conseils, ainsi que pour l'intérêt
que vous avez porté à notre travail, et le temps que vous y avez consacré.
Soyez assurée de notre sincère reconnaissance.*

À NOTRE JUGE

Madame le Docteur Stéphanie JAGER

Docteur en chirurgie dentaire

Docteur de l'Université de Lorraine, en sciences des matériaux

Maître de Conférences Universitaire – praticien hospitalier

Responsable du département d'odontologie pédiatrique

*Nous vous sommes très reconnaissants d'avoir accepté de siéger à notre jury.
Nous vous remercions. Pour votre sympathie ainsi que pour la qualité et le
dynamisme de votre enseignement.
Veuillez recevoir le témoignage de mon profond respect.*

À NOTRE MEMBRE INVITÉ

Monsieur le Docteur Kazutoyo YASUKAWA

Docteur en chirurgie dentaire

Docteur de l'Université Paris Descartes, mention sciences de la vie et de la santé

Spécialiste qualifié en médecine bucco-dentaire

Maître de Conférences Universitaire – praticien hospitalier

Responsable du département de biologie orale

*Nous vous remercions d'avoir chaleureusement accepté de siéger en tant que
membre invité à notre jury de thèse.
Nous vous sommes profondément reconnaissant pour votre pédagogie et votre
gentillesse, tout au long de notre cursus.
Puissiez trouver par ces quelques mots l'expression de ma sincère considération.*

REMERCIEMENTS

À ma famille,

À mes parents, sans qui je ne serai jamais arrivée là où j'en suis aujourd'hui. Vous m'avez donné toutes les chances de réussir dans la vie. Je ne vous remercierai jamais assez pour tout votre profond soutien et l'amour que vous me donnez au quotidien, et depuis toujours...

À ma petite sœur, mon modèle. Je suis chanceuse d'avoir à mes côtés un soleil, qui illumine ma vie. Je te souhaite du plus profond de mon cœur toute la réussite et le bonheur que tu mérites. Tu pourras toujours compter sur ton Mario...

À mes grands-parents, qui ont toujours été très impliqués dans mes études, d'un soutien infaillible, et qui me comblent d'amour...

À Guillaume, à qui je dois l'aboutissement de cet ouvrage. Merci de m'avoir soutenue dans chacune des épreuves que nous avons traversées, pour la force que tu m'as donnée, ta bienveillance et l'amour que tu m'as porté depuis ces trois dernières années...

À ma meilleure amie, Aude, qui vit chaque étape de ma vie comme si c'était la sienne. Pour tous ces maux que tu as su panser, ces mots que tu as su trouver, nos souvenirs d'enfance et d'adolescence, et la folie qu'on partage au quotidien...je te suis infiniment reconnaissante pour la force que tu me donnes depuis toutes ces années. À cette amitié sans faille qui dure depuis plus de 20 ans, et pour toute la vie.

À mes copains d'enfance,

Vincent, Gautier, Arnaud, Archange, merci pour toutes ces folles aventures à vos côtés, et celles à venir... Je suis fière de mes super copains.

À mes copines d'amour,

Charlotte, Justine, Cyrielle, Cassandre et Salomé, merci pour tout votre soutien, vos preuves d'amour au quotidien, et tous les fous rires à s'en tordre le bide... Je suis si chanceuse d'avoir à mes côtés des copines en or, copines pour la vie.

SOMMAIRE

SOMMAIRE

LISTE DES FIGURES

LISTE DES ABRÉVIATIONS

INTRODUCTION

1. CROISSANCE CRANIO-FACIALE ET EQUILIBRE NEUROMUSCULAIRE

- 1.1. DONNEES FONDAMENTALES SUR LA CROISSANCE TRANSVERSALE DES OS MAXILLAIRE ET MANDIBULAIRE
- 1.2. ROLE MORPHOGENETIQUE DES MUSCLES FACIAUX ET NOTION D'EQUILIBRE NEUROMUSCULAIRE
- 1.3. PHYSIOLOGIE DES FONCTIONS ORO-FACIALES ET CONSEQUENCES DES TROUBLES DYSFUNCTIONNELS

2. SÉMIOLOGIE CLINIQUE DES MALOCCLUSIONS INVERSÉES POSTÉRIEURES

- 2.1. ÉTABLISSEMENT DE L'OCCLUSION EN DENTURE MIXTE, LA NORMALITE ET LA PATHOLOGIE DU SENS TRANSVERSAL
- 2.2. ÉPIDEMIOLOGIE ET PREVALENCE
- 2.3. ANOMALIES DU SENS TRANSVERSAL
- 2.4. DEMARCHE DIAGNOSTIQUE

3. LES THERAPEUTIQUES ACTUELLES

- 3.1. OBJECTIFS ET PRINCIPES DE TRAITEMENT
- 3.2. CRITERES DE CHOIX THERAPEUTIQUE
- 3.3. LA THERAPEUTIQUE PREVENTIVE ET INTERCEPTRICE
- 3.4. CONTENTION EN PREVENTION DES RECIDIVES
- 3.5. PRONOSTIC

4. CAS CLINIQUES

- 4.1. CAS CLINIQUE 1 (SERVICE ODF CHRU NANCY)
- 4.2. CAS CLINIQUE 2 (SERVICE ODF CHRU NANCY)

CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

TABLE DES MATIERES

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : le parallélisme de ces sutures entrainerait la croissance faciale vers le bas et l'avant. (Source : Akinin, 2007).....	18
Figure 2 : suture palatine médiane et ses trois divisions (Source : Akinin, 2007)	18
Figure 3 : Schéma représentatif des stades de maturation de la suture palatine médiane, selon Chris Jung (Source : Angelieri et al, 2013).....	19
Figure 4 : Principe du V de Enlow (Source : Rakosi et Jonas, 1994)	23
Figure 5 : répartition des zones d'apposition (+) et de résorption (-) au niveau de la mandibule (Source : Enlow, 1964).....	23
Figure 6 : croissance du col condylien (Source : Enlow, 1994).....	24
Figure 7 : schéma des forces délimitant le « couloir dentaire » de Château (Source : Akinin, 2007).....	26
Figure 8 : Les anneaux du système musculo-aponévrotique superficiel de la face : anneau nasal (1), anneau buccal (2) anneau mentonnier (3) (Source : Akinin et Levignac, 2007).....	27
Figure 9 : Visualisation des 6 unités micro-squelettiques de la mandibule (Source : Moss, 1962).....	28
Figure 10 : position physiologique et fonctionnelle de la langue, permet le développement transversal du maxillaire (Source : Vallee, 2017)	29
Figure 11 : position basse de la langue pathologique, à l'origine de l'hypodéveloppement maxillaire (Source : Vallee, 2017)	30
Figure 12 : rôle morphogénétique de la ventilation nasale sur la croissance cranio-faciale (Source : Gola, 2002)	31
Figure 13 : déglutition mature - 1 : occlusion labiale, langue accolée à la voûte palatine ; 2 : élévation du voile du palais ; 3 : abaissement de l'épiglotte ; 4 : ouverture du sphincter œsophagien (Source : Chateau, 1993).....	33
Figure 14 : schéma de l'appui lingual pathologique sur les incisives (Source : Chateau, 1993)	34
Figure 15 : schéma de la contraction anormale des lèvres (Source : Chateau, 1993).....	34
Figure 16 : cycle masticatoire (Source : Lauret et Le Gall, 2002)	36
Figure 17 : exemples de mesures d'angles fonctionnels masticateurs de Planas (Source : PLANAS, 1992).....	37
Figure 18 : contacts occlusaux sur les versants cuspidiens opposés, sens transversal (Source ; Boileau, 2012)	41
Figure 19 : photographie endobuccale d'une occlusion postérieure normale, en coupe sagittale (Source : Boileau, 2012).....	41
Figure 20 : courbe de Wilson, dans le plan frontal	42
Figure 21 : photographie endobuccale inter-arcade d'une occlusion inversée postérieure unilatérale gauche (Source : Boileau, 2012)	43
Figure 22 : photographie endobuccale inter-arcades d'une occlusion inversée postérieure bilatérale (Source : Boileau, 2012).....	44
Figure 23 : photographie endobuccale inter-arcades d'une endognathie maxillaire, vue transversale (Source : Boileau, 2012).....	47
Figure 24 : schéma d'une endoalvéolie asymétrique – coupe transversale (Source : Patti et Perrier d'Arc, 2003)	49
Figure 25 : schéma d'une endoalvéolie symétrique sans latérodéviation – coupe transversale (Source : Patti et Perrier d'Arc, 2003).....	49
Figure 26 : schéma d'une endoalvéolie symétrique avec latérodéviation – coupe transversale (Source : Patti et Perrier d'Arc, 2003).....	50

Figure 27 : photographie endobuccale inter-arcade d'une endoalvéolie unilatérale gauche associée à une latérodéviation mandibulaire gauche (Source : Le Gall, 2009).....	50
Figure 28 : photographies endobuccales en position d'intercuspidie maximale, lignes inter-incisives déviées (gauche), en relation centrée, concordance des lignes inter-incisives (droite). La patiente présente une latérodéviation mandibulaire gauche (Source : Boil).....	51
Figure 29 : occlusion inversée unilatérale associée à une latérodéviation mandibulaire (Source : Helm et Petersen, 1989)	51
Figure 30 :	52
Figure 31 : photographie exo buccale de face d'un jeune patient (iconographie gauche), présentant une ligne sagittale médiane brisée au niveau de la cloison nasale, un faciès adénoïdien caractéristique, une dimension de l'étage inférieur de la face augmenté. On retrouve chez ce patient, à l'examen clinique endo buccal, une endognathie maxillaire (iconographie droite) (Source : cas clinique CHU Bordeaux).	55
Figure 32 : photographie du sourire d'une patiente présentant des corridors buccaux larges, indiquant l'étroitesse du maxillaire (Source : Boileau, 2012)	56
Figure 33 : patiente présentant une attitude scoliotique (Source : Boileau, 2012).....	59
Figure 34 : évaluation de la tonicité labiale	60
Figure 35 : frein lingual court responsable d'une langue en position basse	61
Figure 36 : signes exo buccaux : narines collapsées (photographie de gauche), lèvres gercées (photographie de droite).....	62
Figure 37 : signe endo buccal : amygdales hypertrophiées.....	63
Figure 38 : test du réflexe narinaire de Gudin.....	64
Figure 39 : test du miroir de Glatzel.....	64
Figure 40 : activité labiale hypertonique et contraction de la musculature péri-orale, caractéristique d'une déglutition atypique	65
Figure 41 : mesure des angles masticateurs fonctionnels de Planas (AMFP) à l'aide d'une précelle (Source : Planas et Pedro, 2006).....	66
Figure 42 : posture céphalique en hyperextension (Source : Boileau, 2012).....	68
Figure 43 : A. végétations adénoïdes hypertrophiées ; B. amygdales palatines hypertrophiées (Source : Boileau, 2012).....	69
Figure 44 : langue en position basse de la langue chez un ventilateur buccal (Source : Boileau, 2012).....	69
Figure 45 : téléradiographie de face en norma frontalis, permettant de confirmer le diagnostic d'une occlusion inversée postérieure gauche, et la présence de fosses nasales étroites	71
Figure 46 : coupe coronaire de CBCT passant par les premières molaires maxillaires, qui met en évidence une occlusion inversée postérieure unilatérale droite (Source : Larson, 2014)....	72
Figure 47 : coupes de CBCT dans les plans coronaire (A), axial (B) et sagittal (C), permettant l'évaluation de la suture intermaxillaire selon son stade de maturation (Source : Angelieri, 2013).....	72
Figure 48 : radiographie de la main gauche. La flèche indique le sésamoïde du pouce.	73
Figure 49 : Les variations de la suture palatine médiane en fonction de l'âge (Source : Melsen, 1975).....	85
Figure 50 : prématurités marquées à l'aide d'un papier d'occlusion de 200 micromètres (Source : Fellus, 2005).....	95
Figure 51 : plaque palatine équipée de pistes indirectes de désocclusion totale et de deux vérins à action de distalisation (Source : M-J Deshayes).....	97
Figure 52 : hiérarchisation des fonctions de la sphère oro-faciale selon leur caractère prioritaire	99
Figure 53 : l'élastique placé sur l'apex de la langue modifie la perception linguale au cours des différentes fonctions (Source : Soulet, 1989).....	100

Figure 54 : gouttière d'éducation fonctionnelle (Source : Dr P.Prestat, 2021).....	102
Figure 55 : enveloppe linguale nocturne (ELN), composé d'une ouverture sélective antérieure pour la langue (Source : Boileau, 2012).....	103
Figure 56 : grille anti-pouce scellée sur les premières molaires permanentes (Source : Dr. Tarrot).....	104
Figure 57 : photographie endo-buccale d'une grille anti-pouce amovible (Source : Dr. P.Prestat, 2021)	105
Figure 58 : cage à langue fixe	105
Figure 59 : perle de Tucat sur l'anse antérieure d'un Quad'hélix, permettant de rééduquer la fonction linguale (Source : Boileau, 2012)	106
Figure 60 : Appareillage fixe d'expansion maxillaire de type disjoncteur HYRAX, utilisé au cours de la phase initiale de l'étude sur une durée de 16,2 semaines (Source : Lippold, 2013)	107
Figure 61 : Appareillage amovible double plaque associée à un vérin médian, de type activateur U-Bow selon Karwetzky, utilisé en seconde intention dans la phase de contention de l'expansion maxillaire et de correction des milieux inter-incisifs, sur une durée de 36,8 semaines. (Source : Lippold, 2013).....	108
Figure 62 : Photographies de plaques palatines à vérin médian (Source : Dr. P.Prestat, 2021)	110
Figure 63 : photographie endobuccale en vue occlusale maxillaire d'un Quad Hélix sur fourreaux insérés dans les bagues scellées sur les premières molaires permanente (source : Cas clinique CHRU Nancy)	111
Figure 64 : schéma de l'activation du Quad Hélix (source : Bassigny, 1983).....	113
Figure 65 : photographie sur modèle en plâtre d'un disjoncteur Hyrax soudé sur les bagues scellées sur les premières molaires permanentes (Source : cas du Dr P.Prestat)	116
Figure 66 : Apparition d'un espace entre les incisives maxillaires, caractéristique de l'ouverture de la suture intermaxillaire, dans un cas traité par disjoncteur Hyrax (Source : Boileau, 2012)	117
Figure 67 : coupes frontales de CBCT illustrant l'évolution de la suture intermaxillaire avant (gauche) et après (droite) EMR, chez un patient âgé de 9 ans (Source : Boileau, 2012).....	118
Figure 68 : Effet de l'EMR sur la première molaire maxillaire (Source : Garrett, 2008).....	119
Figure 69 : Ouverture de la suture palatine sous forme de triangulaire à base élargie au niveau de la région antérieure (Source : Garrett, 2008).....	120
Figure 70 : photographies exobuccales de face, de profil et du sourire (Source : Service ODF CHRU Nancy, 2018)	124
Figure 71 : photographies endo-buccal de l'arcade mandibulaire (gauche) et de l'arcade maxillaire (droite), en vue occlusale (Source : Service ODF CHRU Nancy, 2018).....	126
Figure 72 : photographies endo-buccal de face et de profil (droit et gauche) en OIM (Source : Service ODF CHRU Nancy, 2018)	126
Figure 73 : radiographie panoramique (Source : Service ODF CHRU Nancy, 2018).....	127
Figure 74 : photographies endobuccales inter-arcade (gauche) et intra-arcade (droite) du quad hélix sur fourreaux insérés dans les bagues scellées sur les premières molaires permanentes (Source : Service ODF CHRU Nancy, 2018).....	128
Figure 75 : photographies endo-buccal intra-arcade maxillaire (gauche) et mandibulaire (droite) post-traitement à 6 mois (Source : Service ODF CHRU Nancy, 2018).....	129
Figure 76 : photographie endo-buccal inter-arcade post-traitement à 6 mois (Source : Service ODF CHRU Nancy, 2018)	129
Figure 77 : photographies exobuccales de face, de profil et du sourire (Source : Service ODF CHRU Nancy, 2018)	130

Figure 78 : photographies endo-buccal de l'arcade maxillaire (gauche) et de l'arcade mandibulaire (droite), en vue occlusale (Source : Service ODF CHRU Nancy, 2017)	132
Figure 79 : photographies endo-buccal de face et de profil (droit et gauche) en OIM (Source : Service ODF CHRU Nancy, 2017)	133
Figure 80 : radiographie panoramique (Source : Service ODF CHRU Nancy, 2017).....	134
Figure 81 : plaque palatine à vérin médian, associé à un plan de surélévation en résine au niveau des secteurs postérieurs (Source : Secteur ODF CHRU Nancy, 2017)	135
Figure 82 : photographies endo-buccales intra-arcade maxillaire (gauche) et mandibulaire (droite) post-traitement à 1 an (Source : Service ODF CHRU Nancy, 2018).....	135
Figure 83 : photographies endo-buccales inter-arcade post-traitement à 1 an, de face, profil droit, profil gauche (de gauche à droite) (Source : Service ODF CHRU Nancy, 2018).....	136
Figure 84 : radiographie panoramique post-traitement (Service ODF CHRU Nancy, 2018)	136

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ANAES : Agence Nationale d'Accréditation et d'Évaluation en Santé
CBCT : Cone Beam Computed Tomography
AFMP : Angles Fonctionnels Masticateurs de Planas
OIM : Occlusion d'Intercuspidie Maximale
RC : Relation Centrée
UCG : Unilateral Crossbite Group
BCG : Bilateral Crossbite Group
ATM : Articulation Temporo-Mandibulaire
RCI : Risque Carieux Individuel
DDM : Dysharmonie Dento-Maxillaire
SAHOS : Syndrome d'Apnée Hypopnée Obstructive du Sommeil
AFMP : Angles Fonctionnels Masticateurs de Planas
DEH : Dysplasie Ectodermique Hypohidrotique
HAS : Haute Autorité de Santé
OMS : Organisation Mondiale de la Santé
ORL : Oto-Rhino-Laryngologie
ELN : Enveloppe Linguale Nocturne
EMR : Expansion Maxillaire Rapide
DST : Dysharmonie du Sens Transversal
RAS : Rien À Signaler

INTRODUCTION

La croissance cranio-maxillo-faciale permet l'établissement de l'occlusion, sous l'influence d'une composante neuromusculaire.

L'occlusion inversée postérieure associée à un déficit de la dimension transversale sont, chez les enfants, les anomalies les plus fréquentes. Elles sont en relation avec un contexte dysfonctionnel ou pathologique.

La prise en charge précoce de cette dysmorphose est jugée indispensable, imposant une attitude thérapeutique expansive, bien qu'elle soit réputée très récidivante.

Selon les recommandations de l'ANAES émises en 2004, le dépistage précoce des anomalies occlusales postérieures chez l'enfant permet une prise en charge optimale. En effet, la prévention et l'interception des anomalies du sens transversal chez le sujet jeune ont des objectifs étroitement liés : la recherche de l'équilibre neuromusculaire et la normalisation des fonctions oro-faciales.

Les traitements précoces agissent sur les structures maxillaires, par stimulation positive de la suture palatine médiane, qui présentent chez le sujet jeune des caractéristiques tissulaires adaptatives.

Ces thérapeutiques orthopédiques permettent de corriger les anomalies occlusales et une dysmorphose du sens transversal, mais pas la fonction. Seule l'éducation neuromusculaire peut espérer rétablir un contexte fonctionnel physiologique, qui s'adapte à la nouvelle condition occlusale, clé d'une stabilité à long terme.

1. CROISSANCE CRANIO-FACIALE ET ÉQUILIBRE NEUROMUSCULAIRE

1.1. Données fondamentales sur la croissance transversale des os maxillaire et mandibulaire

1.1.1. Croissance post-natale du maxillaire

La croissance post-natale du maxillaire est continue, mais n'est pas uniforme.

D'après Akinin, en période juvénile, le maxillaire s'accroît de 1mm par an, de 0,25 mm par an en période pré-pubertaire et de 1,5mm par an au cours de la puberté (Akinin, 2007).

La croissance de la face supérieure est essentiellement suturale.

Le maxillaire est un os de membrane, et s'ossifie selon un processus d'ossification endoconjonctif. Il est appendu à la partie antéro-inférieure de l'os frontal, et fait partie intégrante du massif facial supérieur puisqu'il est rattaché à la base du crâne. Le maxillaire est donc sous l'influence de la croissance enchondrale de la base du crâne. Ce principe est décrit par Enlow qui considère que : « la croissance primaire du massif facial supérieur, rattaché à la base du crâne, s'effectue à partir d'un pouvoir primaire issu de centres de croissance ; on parle de croissance enchondrale ou synchondrose. » (Enlow et coll., 1975).

Les centres de croissance du massif facial supérieur sont : les tubérosités maxillaires, les procès alvéolaires, et les synchondroses de la base du crâne. La synchondrose sphéno-occipitale est majoritairement impliquée dans la croissance endochondrale de la base du crâne, et reste active jusqu'à la puberté.

L'ossification endochondrale, s'effectuant à partir d'une maquette cartilagineuse, est génétiquement déterminée ; elle dépend de facteurs héréditaires et endocriniens. Les facteurs extrinsèques n'ont aucun impact sur l'activité et la multiplication cellulaire ; elle ne peut donc être modifiée par des traitements orthopédiques.

A contrario, l'ossification endoconjonctive est adaptative, en réponse aux sollicitations mécaniques ; elle peut être modifiée par des traitements orthopédiques.

La croissance verticale et antéro-postérieure du maxillaire dépend étroitement des sutures fronto-maxillaire, maxillo-zygomatique, temporo-zygomatique et ptérygo-palatine, obliques de bas en haut, et parallèles entre elles. Nous nous intéresserons

particulièrement au développement de la dimension transversale du maxillaire, dépendant des sutures médianes palatines (figure 1).

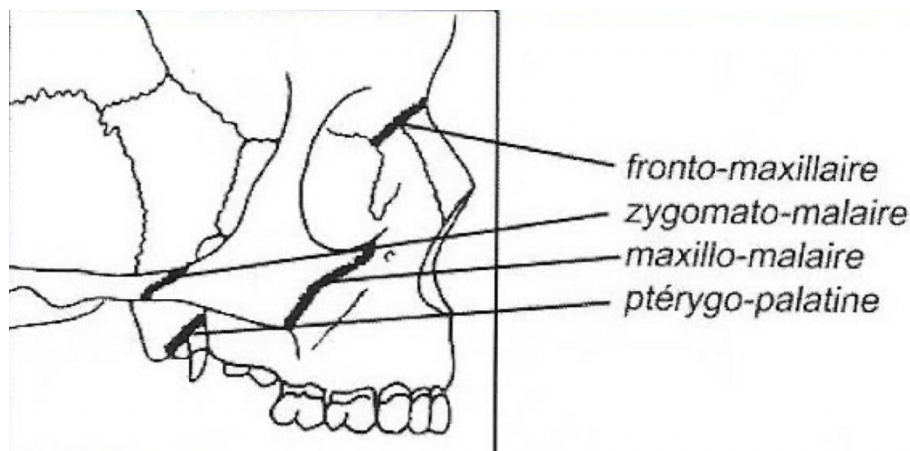


Figure 1 : le parallélisme de ces sutures entrainerait la croissance faciale vers le bas et l'avant.
(Source : Akinin, 2007)

Située au niveau du palais dur, la suture palatine médiane séparant les deux hémimaxillaires, se divise en trois parties (figure 2) :

- Suture inter-incisive
- Suture inter-maxillaire
- Suture inter-palatine.

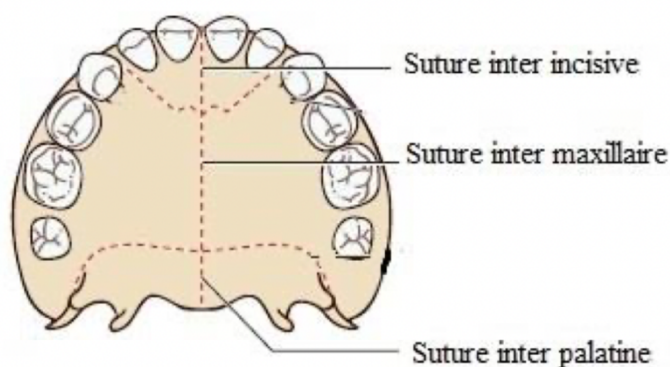


Figure 2 : suture palatine médiane et ses trois divisions (Source : Akinin, 2007)

Il a été prouvé que certains facteurs peuvent influencer sur la croissance transversale du palais dur en stimulant la suture palatine médiane avant sa synostose.

L'action des fonctions oro-faciales comme la ventilation et le flux aérien, l'appui lingual sur la voûte palatine lors de la déglutition ou encore les forces latérales lors de la mastication, vont avoir un impact sur la croissance endoconjonctive de la suture palatine médiane.

Il est nécessaire de considérer la suture palatine médiane comme la zone d'influence et d'action, pour corriger les anomalies du sens transversal.

Pendant longtemps, l'âge, corrélé au stade de maturation de la suture, était le critère de choix principal pour l'indication d'une intervention de chirurgie orthognatique. Le choix thérapeutique s'appuyait sur des données essentiellement clinique et théorique. Actuellement, avec l'essor des nouvelles technologies, la tomographie volumique à faisceaux coniques (CBCT), technique d'imagerie tridimensionnelle fiable, est utilisée pour étudier l'état et le stade de maturation de la suture palatine intermaxillaire. En effet, il existe une grande variabilité de la fusion de la suture palatine, sans relation directe avec l'âge du patient.

Dans une étude menée sur une cohorte de 28 patients âgés de 14 à 71 ans, l'analyse morphologique de la suture dans les trois dimensions de l'espace, a montré que la maturation de la suture intermaxillaire n'était pas directement corrélée à l'âge. Le seul paramètre dépendant de l'âge est la densité osseuse de la ligne suturale ; une densité osseuse importante serait considérée comme un facteur limitant l'efficacité de l'expansion palatine rapide, et justifierait une intervention chirurgicale (Korbmacher et coll., 2007).

Une méthode de classification de la morphologie et de la maturation de la suture palatine a été définie. Cette classification relève d'une étude assistée par ordinateur, à partir de coupes de CBCT, dans les trois plans de l'espace. Elle évalue : la densité osseuse, les interdigitations et l'état de fusion de la suture (figure 3).

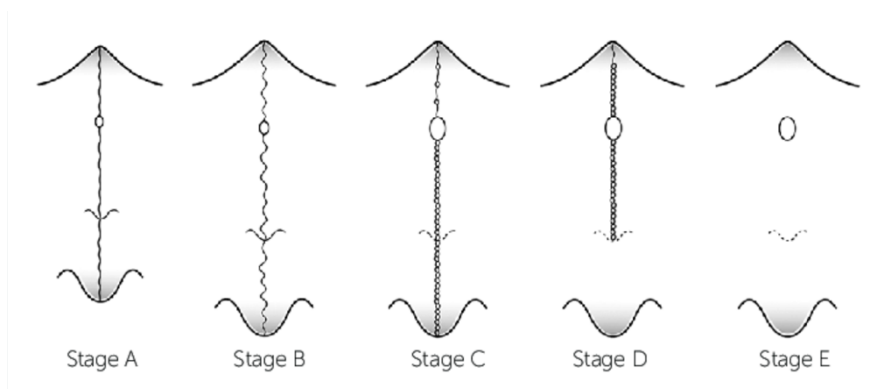


Figure 3 : Schéma représentatif des stades de maturation de la suture palatine médiane, selon Chris Jung (Source : Angelieri et al, 2013).

Une étude menée sur 140 sujets a montré que l'évaluation de l'état de fusion de la suture palatine, selon la classification, pouvait permettre d'éviter une intervention chirurgicale non indiquée (Angelier et coll., 2013).

Il existe à ce jour différentes théories de croissance :

- La théorie de Weinmann et Sicher considère les sutures comme des centres autonomes de la croissance cranio-faciale. Les facteurs génétiques intrinsèques ont un rôle majeur dans le contrôle de l'activité des sutures. La prolifération interstitielle exerce une pression sur les berges de la suture, éloignant progressivement les os voisins par un processus d'ossification de la suture. Cette croissance est prédéterminée génétiquement (Joseph et coll., 1955).
- Selon la théorie de Scott (Scott, 1968), le contrôle de la croissance s'effectue par le cartilage. Les synchondroses de la base du crâne et les cartilages sont des centres de croissance primaires ; ils sont déterminés génétiquement. Les syndesmoses sont des centres de croissances secondaires, sans potentiel de croissance indépendant. Elles assurent le remplissage passif entre les os membraneux.

La croissance enchondrale entraîne donc la séparation des structures osseuses au niveau des sutures, tandis que les syndesmoses comblent l'espace de manière passive.

- Pour Moss, la croissance suit la théorie de la matrice fonctionnelle. La croissance endochondrale et membraneuse dépend de la croissance des matrices fonctionnelles, constituées de tous les tissus, les organes, les cellules non squelettiques, et les espaces fonctionnels nécessaires à l'accomplissement d'une fonction oro-faciale. Selon Moss, le facteur génétique a un rôle mineur (Moss et Salentijn, 1969).
- Delaire apporte une vision synthétique et multicentrique de la croissance des os de la face et notamment du maxillaire. Sa conception définit les parts de responsabilité respectives des divers facteurs de croissance (Delaire, 1961) :
 - Les structures cartilagineuses primaires dépendent majoritairement des facteurs génétiques
 - Les structures membraneuses dépendent davantage des facteurs environnementaux locaux.

Pour Delaire, les sutures se présentent comme de « merveilleux joints de dilatation à rattrapage automatique par prolifération conjonctive adaptative et ossification marginale ».

Selon Scott, un autre mode de croissance, plus tardif, permet au maxillaire de se développer. Il s'agit de la croissance modelante, ou croissance périostée.

Pour Scott, la croissance par remodelage osseux succède à la croissance suturale ; tandis que pour Enlow elles sont coordonnées, synchrones et indépendantes (Aknin, 2007).

Certaines zones anatomiques subissent un phénomène d'apposition osseuse, *a contrario* d'autres subissent un phénomène de résorption osseuse. Cette activité ostéogène adaptative du périoste permet, malgré le déplacement des structures osseuses, de maintenir une proportion fonctionnelle à l'ensemble des composants du massif facial, et contribuent ainsi à la formation des traits spécifiques de chaque individu.

Le périoste sert d'insertion aux tendons des fibres musculaires. La croissance modelante du massif facial supérieur est donc intimement liée à l'activité fonctionnelle de la musculature péri-orale. La croissance périostée dépend de la sollicitation et du développement des muscles qui s'y insèrent.

Une apposition osseuse postérieure, latéro-externe et verticale se forme au niveau des tubérosités maxillaires, entraînant une croissance transversale et verticale de l'arcade dentaire.

1.1.2. Croissance post-natale de la mandibule

La croissance de la mandibule est mixte et asynchrone, membraneuse puis cartilagineuse ; elle est dépendante de la dynamique crânienne, du système neuromusculaire, alvéolo-dentaire et des fonctions oro-faciales (Aknin, 2007).

En l'absence de potentiel propre de croissance, les processus condyliens et coronoïdiens, ainsi que la symphyse et l'angle mandibulaire sont sous l'influence de facteurs extrinsèques (locaux et régionaux) modulant leur direction de croissance. On distingue principalement les muscles et les tendons qui s'y insèrent (muscles ptérygoïdiens et masséter). La langue joue également un rôle primordial sur la croissance en largeur et en longueur de la mandibule.

Scott, Weinmann, Sicher et Bjork décrivent un concept : il existe au niveau de la mandibule des centres de croissance primaire sur les sites du cartilage condylien et des apophyses coronoïdes. En effet, le cartilage a un rôle moteur de centre de croissance permettant de séparer les structures osseuses marginales.

La croissance de ces cartilages, prédéterminée génétiquement, est sous le contrôle d'hormones et de facteurs de croissance permettant la différenciation des préchondroblastes.

La théorie de Delaire met en évidence la croissance adaptative du condyle mandibulaire, associée à un potentiel de croissance primaire évident (Delaire, 1961). Il explique l'inter-dépendance de la croissance condylienne et de la mandibule (Aknin, 2007) : « la croissance condylienne dépendrait autant de l'accroissement du corps et des incitations fonctionnelles physiologiques de la mandibule ; et inversement la croissance du corps de la mandibule dépendrait de la croissance du condyle. »

Parallèlement à la croissance cartilagineuse, la morphologie de la mandibule se précise grâce à une croissance modelante par des phénomènes d'apposition et de résorption osseuse. Cette croissance adaptative répond principalement à l'activité neuromusculaire et aux fonctions oro-faciales.

Selon le principe du V de Enlow, il existe une apposition endostée dans la partie interne du « V » et une résorption périostée dans la partie externe du « V ». En définitif, on observe un élargissement global du « V » (Aknin, 2007) (figure 4).



Figure 4 : Principe du V de Enlow (Source : Rakosi et Jonas, 1994)

La croissance transversale et sagittale de la mandibule s'effectue au niveau des branches montantes, qui reculent sous l'effet d'une apposition postérieure et d'une résorption antérieure (Boileau, 2011) (figure 5).

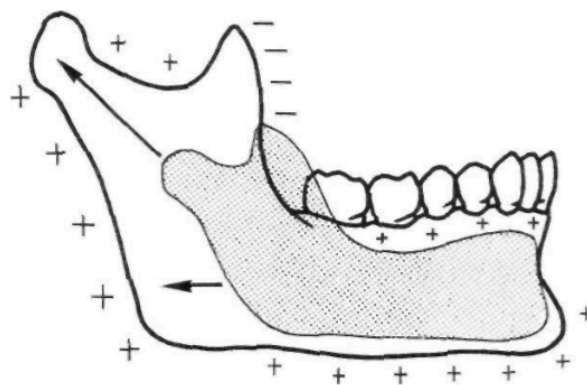


Figure 5 : répartition des zones d'apposition (+) et de résorption (-) au niveau de la mandibule (Source : Enlow, 1964).

Ce principe de remodelage s'applique également au niveau du condyle, qui croît en haut et en arrière. Une apposition endostée et une résorption périostée se produisent au niveau du col, afin d'obtenir un élargissement et un accroissement en longueur du col (figure 6).

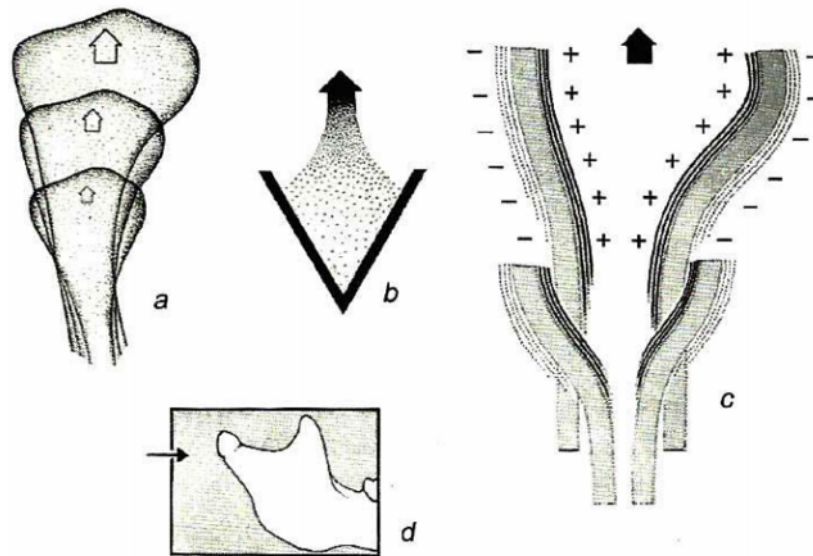


Figure 6 : croissance du col condylien (Source : Enlow, 1994)

La synostose de la symphyse mandibulaire est effective dès l'âge de 1 an ; dès lors, la croissance en longueur symphysaire s'effectue par apposition osseuse sur la face postérieure symphysaire, permettant un accroissement postérieur divergent, directement lié aux mouvements antéro-postérieurs d'abaissement des condyles. Cette croissance en longueur, divergente, aboutit à un élargissement du sens transversal et permet, durant la première année de vie, l'adaptation du volume lingual.

1.2. Rôle morphogénétique des muscles faciaux et notion d'équilibre neuromusculaire

1.2.1. Principe et théorie

Tant au repos qu'au cours d'une fonction, le système neuromusculaire a un rôle morphogénétique considérable. C'est l'une des principales raisons pour laquelle l'orthodontie s'intéresse aux déséquilibres neuromusculaires et à leur correction, afin de rétablir une direction de croissance optimale.

Bien que la croissance cranio-faciale endochondrale soit dépendante du potentiel génétique et de la stimulation par les facteurs croissance (facteurs intrinsèques), la croissance membraneuse est liée à la composante fonctionnelle (facteurs extrinsèques).

Selon Bjork, dès l'âge de 7 ans, environ un tiers de la croissance du massif facial est assurée par le déplacement autonome des bases osseuses (passif), les deux tiers restants par la croissance maxillo-mandibulaire, sous l'influence des facteurs musculaires et des fonctions oro-faciales (Björk, 1955).

La croissance des bases osseuses est modulée par les éléments musculaires et muqueux.

Les muscles sont rattachés à l'os par l'intermédiaire de tendons, qui prolongent le corps musculaire. Le tonus au repos définit la posture ou l'activité musculaire lors d'une fonction, et entraîne une stimulation des zones de tension de l'os, permettant une différenciation cellulaire pendant la période de croissance. Ce principe définit le rôle morphogénétique des muscles dans le développement cranio-facial.

Pour Petrovic, l'équilibre neuromusculaire est un facteur déterminant de la croissance mandibulaire. En effet, l'action morphogénétique linguale doit être en équilibre avec l'activité musculaire du muscle ptérygoïdien latéral, afin d'assurer l'harmonie de la croissance dans les trois dimensions de l'espace (Charlier et coll., 1968).

Cette notion d'équilibre est également retrouvée dans la croissance des procès alvéolaires. Ils sont situés entre deux masses musculaires : la langue (interne) et la sangle labio-jugale (externe).

La langue exerce une force centrifuge, tandis que le buccinateur, l'orbiculaire et le sillon labio-mentonnier provoquent une force centripète, permettant l'obtention d'un équilibre musculaire.

C'est en 1957, que Chateau (Chateau, 1993) définit pour la première fois le « couloir dentaire » comme une « zone de neutralité » selon Cauhepe (Cauhepe et coll., 1955), ou « zone zéro » selon Dangy ; il doit exister dans cette espace un véritable équilibre des forces musculaires.

En effet, Delaire explique que le complexe alvéolo-dentaire s'impose entre une structure musculo-aponévrotique, et un schéma facial en interaction permanente (1) (figure 7).

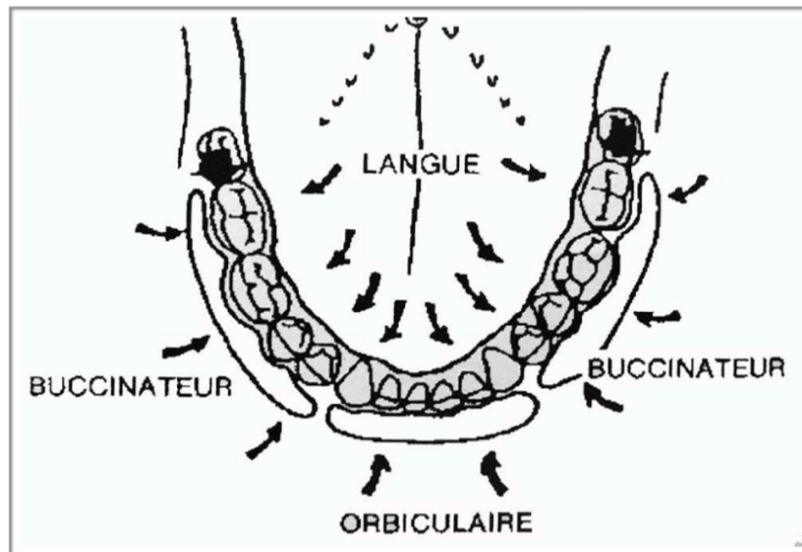


Figure 7 : schéma des forces délimitant le « couloir dentaire » de Château (Source : Aknin, 2007)

1.2.2. Muscles et unités squelettiques

Moss décrit en 1968 le concept de « la matrice grandit et le squelette répond », selon lequel les matrices fonctionnelles (tissus mous) exercent sur les unités squelettiques un remodelage à l'origine du développement cranio-facial (Moss et Salentijn, 1969).

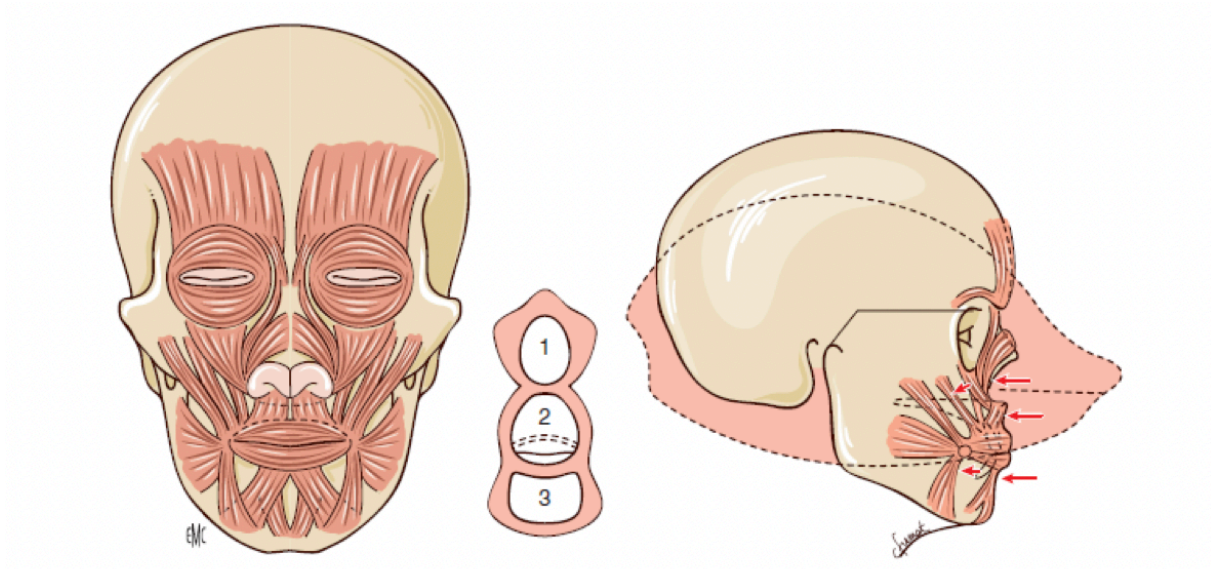
Il considère que chaque fonction s'exerce par l'intermédiaire de deux éléments, qui constituent la composante cranio-fonctionnelle :

- La matrice fonctionnelle : ensemble des tissus mous constituant un espace
- L'unité squelettique : ensemble des composants anatomiques nécessaires à l'établissement d'une fonction

Les unités squelettiques se développent sous l'influence de matrices fonctionnelles actives (périostées) et passives (capsulaires), entraînant respectivement une modification du volume et un déplacement des unités squelettiques de la mandibule. L'action des matrices fonctionnelles est l'élément déclencheur. La croissance des unités squelettiques est un phénomène secondaire et compensatoire de la prolifération de ces matrices périostées et capsulaires.

On distingue plusieurs groupes musculaires appelés « systèmes musculo-aponévrotiques » intervenant dans la croissance cranio-faciale (Aknin, 2007) (figure 8) :

- Muscles cervicaux postérieurs et latéraux : responsables de l'homínisation crânienne.
- Muscles profonds de la face participant aux mouvements intra-buccaux notamment de la langue et du palais.
- Muscles superficiels de la face comprenant l'ensemble des muscles peauciers



de la face répartis selon 3 anneaux reliés entre eux.

Figure 8 : Les anneaux du système musculo-aponévrotique superficiel de la face : anneau nasal (1), anneau buccal (2) anneau mentonnier (3) (Source : Aknin et Levignac, 2007)

La mandibule est divisée en 6 unités squelettiques distinctes selon le groupe musculaire concerné (Moss et Salentijn, 1969) (figure 9) :

1. Le condyle
2. Le coroné
3. L'angle mandibulaire
4. La zone alvéolaire
5. La symphyse
6. La zone basale

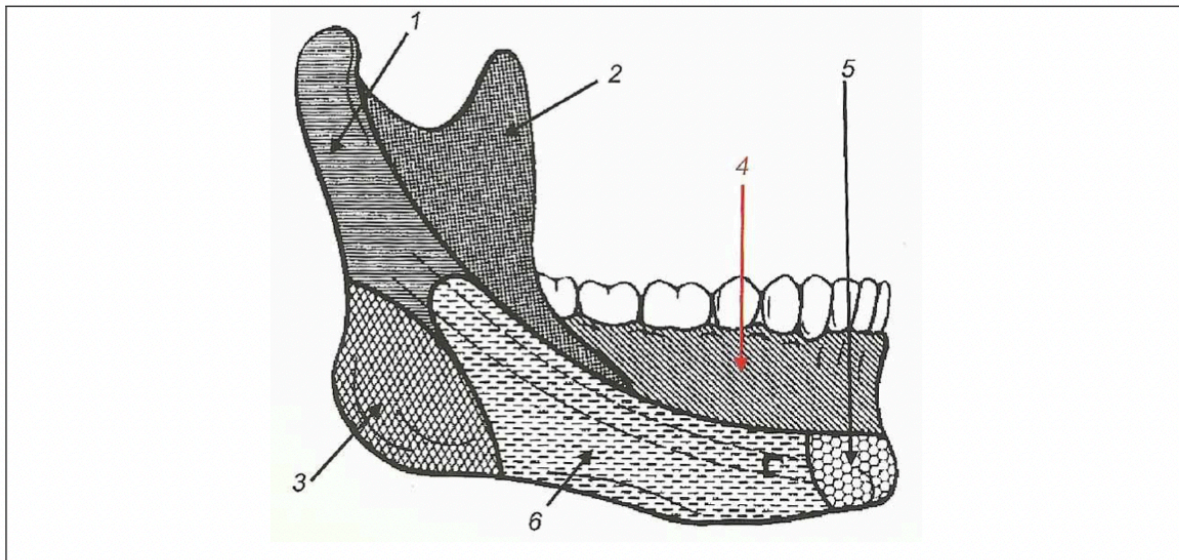


Figure 9 : Visualisation des 6 unités micro-squelettiques de la mandibule (Source : Moss, 1962)

L'os alvéolaire n'existe qu'en présence de sollicitations fonctionnelles des dents.

Le coroné et le condyle sont respectivement sous l'influence des muscles temporal et ptérygoïdien externe.

L'angle mandibulaire est stimulé par les muscles ptérygoïdiens et masséter.

Le corps mandibulaire répond aux stimuli neuro-musculo-vasculaires qui le traversent.

Au maxillaire, c'est principalement l'activité de la matrice fonctionnelle linguale, agissant sur la voûte palatine, qui stimule sa croissance dans le sens transversal et antéro-postérieur. Les muscles péri-oraux établissent des forces antagonistes pour équilibrer sa croissance.

L'équilibre entre les groupes musculaires antagonistes (abaisseurs, élévateurs, lèvres, langue), et symétriques (droite et gauche) est nécessaire pour espérer un développement cranio-facial harmonieux (Soulet, 1989).

1.3. Physiologie des fonctions oro-faciales et conséquences des troubles dysfonctionnels

Les fonctions oro-faciales se mettent en place selon une hiérarchie, et entraînent des répercussions les unes sur les autres.

Leur action morphogénétique débute avant la naissance.

1.3.1. Praxies linguales

La langue a un rôle morphogénétique et fonctionnel, permettant la croissance des bases osseuses maxillaire et mandibulaire. Elle influence de manière active ou passive les autres fonctions oro-faciales, telles que la respiration, la phonation, la déglutition et la mastication.

La poussée positive directe de la langue sur la voûte palatine et par conséquent, la stimulation de la suture médiane palatine permet l'élargissement du sens transversal du maxillaire.

La pression qu'elle exerce favorise également la croissance et la direction d'orientation des procès alvéolaires, et l'inclinaison des dents (figure 10).

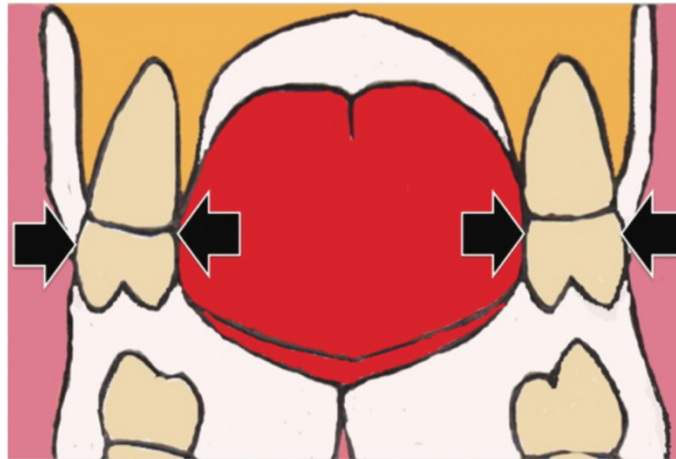


Figure 10 : position physiologique et fonctionnelle de la langue, permet le développement transversal du maxillaire (Source : Vallee, 2017)

D'un point de vue pathologique, une position basse de la langue ne joue pas son rôle majeur d'expansion du maxillaire dans le sens transversal, et amène à un déséquilibre de croissance des bases osseuses, aboutissant à un excès de croissance transversale et/ou sagittale de la mandibule. L'action passive de la langue au repos en position basse, stimule la partie antéro-supérieure du condyle, qui s'ossifie précocement ; la zone fonctionnelle de croissance condylienne migre vers l'arrière. Ceci est la cause d'une mandibule inclinée vers le bas, et d'une croissance verticale (Boileau, 2011) (figure 11).

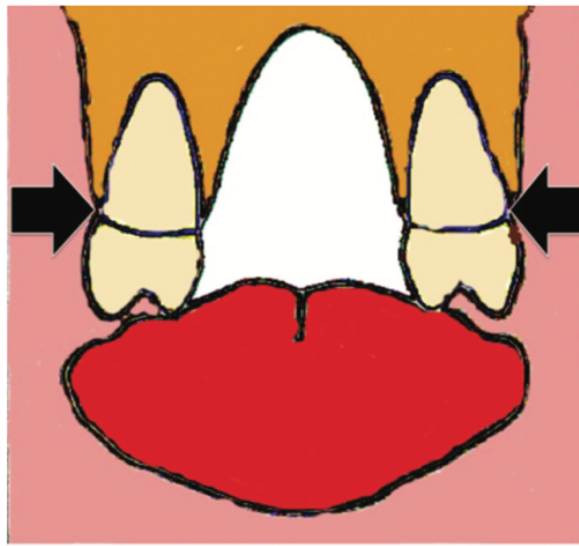


Figure 11 : position basse de la langue pathologique, à l'origine de l'hypodéveloppement maxillaire (Source : Vallee, 2017)

L'espace dévolu à la langue se définit dans les plans frontal, sagittal et transversal (Samoian, 1984). Cet organe peut s'adapter à un espace trop grand, mais difficilement à un espace trop étroit. Une zone rétrécie a des répercussions sur la taille de la langue, l'obligeant à se rétrécir, à s'accroître en hauteur, et à s'étaler entre les arcades. Les fonctions oro-faciales sont impactées, et une forme adaptative s'installe.

Son volume, sa posture, son tonus, et son insertion sont les facteurs majeurs responsables de troubles oro-faciaux, comme une ventilation orale, des troubles de la phonation, une déglutition dysfonctionnelle.

1.3.2. Ventilation

D'un point de vue anatomique, le mécanisme de ventilation s'effectue dans un premier temps par les voies aériennes supérieures.

« L'air inspiré doit initialement emprunter la filière respiratoire nasale. » (Deffez et coll., 1995).

Une ventilation optimale s'effectue par voie nasale, en décubitus dorsal ou en position orthostatique, excepté lors de l'effort.

La fonction ventilatoire est en lien direct avec la posture céphalique ; une ventilation nasale physiologique contribue au redressement de l'axe respiratoire.

Au repos, au cours de la ventilation nasale, la langue est accolée à la voûte palatine, entre en contact avec le voile du palais, et obstrue l'orifice oro-pharyngé.

Ce rôle primordial de la position de la langue, au cours de la ventilation nasale, rejoint ce qui a été expliqué précédemment, concernant la croissance transversale du maxillaire.

L'implication morphogénétique de la ventilation s'exprime à travers la participation du flux aérien nasal, qui génère une action expansive sur les sutures ostéo-membraneuses du massif facial supérieur, et participe à la croissance cranio-faciale (figure 12).



Figure 12 : rôle morphogénétique de la ventilation nasale sur la croissance cranio-faciale (Source : Gola, 2002)

Ce retentissement morphogénétique se fait, non seulement sur l'ensemble du squelette maxillo-facial, mais également sur les sinus et les fosses nasales.

Le flux aérien s'effectue par les mouvements d'inspiration, traverse les cornets nasaux et pénètre dans les sinus de la face (principalement les sinus maxillaires). Ce processus permet l'expansion volumétrique de ces cavités aériennes, et par conséquent, la croissance transversale des maxillaires (Gola et coll., 2002).

L'os maxillaire forme le plancher des fosses nasales. La croissance des cavités nasales est sous l'influence du développement antérieur du maxillaire, et réciproquement (Limme, 1993).

Pour que la ventilation nasale soit rendue possible, l'occlusion labiale est nécessaire, et l'absence d'anomalie anatomique (déviation de la cloison nasale) et d'obstruction (polypose nasale, rhinites) est indispensable.

La ventilation nasale a des fonctionnalités qui ne sont pas retrouvées chez les ventilateurs buccaux (Talmant, 1995) :

- Filtration de l'air respiré
- Humidification de l'air inspiré et des muqueuses buccales
- Thermorégulation (les enfants qui ventilent par la bouche ont tendance à transpirer davantage que ceux qui ventilent par le nez).

Une ventilation qui s'effectue partiellement ou exclusivement par la bouche est dite pathologique. Elle peut avoir des répercussions posturales (posture céphalique en hyperextension), fonctionnelles (troubles oro-faciaux), squelettiques, morphologiques, esthétiques, sur la santé générale (pulmonaires, cardiaques, digestives, psychomotrices), et sur les muqueuses nasales et orales.

Elle apparaît chez des patients présentant des conditions anatomo-physiopathologique (déviation de la cloison nasale, corps étranger, hypertrophie des cornets) ou peut être d'origine inflammatoire (amygdales palatines ou végétations hypertrophiques), imposant une ventilation orale.

Une étude a montré que la croissance cranio-faciale diffère chez des patients atteints de pathologies inflammatoire (amygdales palatines ou végétations adénoïdes hypertrophiées), ou d'autres formes d'obstruction des voies respiratoires, comparée à un groupe témoin de patients (McGuinness et McDonald, 2006).

De nombreuses études ont montré l'influence du mode de respiration sur la croissance cranio-faciale (Lessa et coll., 2005 ; Bakor et coll., 2011).

La ventilation buccale a un impact sur la croissance transversale du maxillaire, entraînant une insuffisance de développement de l'os maxillaire, liée systématiquement à une langue en position basse et en forme de tuile, pour permettre le passage de l'air.

Les échanges énergétiques, de par la muqueuse nasale, jouent un rôle majeur dans la thermorégulation cérébrale (Talmant, 1992).

D'après Vaysse, une ventilation orale aurait des répercussions sur le sommeil, la difficulté de concentration, et le comportement général (Vaysse, 2008).

1.3.3. Déglutition

Selon Cauhepé, la déglutition est la fonction primitive des fonctions oro-faciales. Elle apparaît au cours du 2^{ème} mois *in utero*, lorsque le fœtus mobilise sa mandibule au cours des mouvements de succion, et déglutit le liquide amniotique (Cauhepe et coll., 1953).

Durant les premières années de vie, l'enfant présente une déglutition dite infantile, primaire ou encore immature. Elle est caractérisée par un phénomène de succion-déglutition autorisé par les seuls mouvements antéro-postérieurs de la langue, une interposition linguale entre les arcades, l'absence de contact dento-dentaire et la contraction des muscles péri-oraux.

Selon Lejoyeux, la déglutition mature est partiellement présente chez les enfants de 3 ans, et devient fonctionnelle à partir de 6 ans (Lejoyeux, 2006).

Elle apparaît dès la mise en occlusion des premières molaires et incisives permanentes (Leloup, 2006).

La déglutition mature s'effectue en intercuspidie maximale, et en occlusion labiale sans contraction musculaire. La pointe de la langue s'appuie sur la muqueuse palatine au niveau de la papille rétro-incisive, et le corps de la langue forme une dépression en arrière, vers le pharynx, pour propulser le bolus alimentaire dans l'oropharynx, en direction de l'œsophage (Château, 1993) (figure 13).

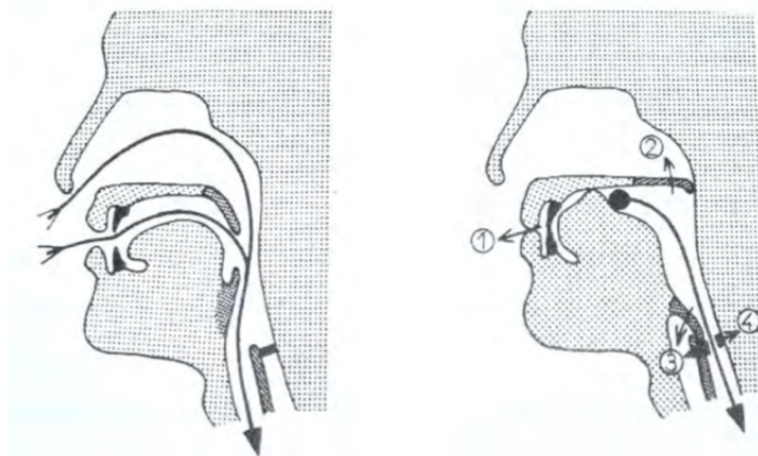


Figure 13 : déglutition mature - 1 : occlusion labiale, langue accolée à la voûte palatine ; 2 : élévation du voile du palais ; 3 : abaissement de l'épiglotte ; 4 : ouverture du sphincter œsophagien (Source : Château, 1993)

Selon Ricketts, la langue est en relation étroite avec l'environnement musculaire et osseux, permettant des positions dentaires et labiales compatibles avec une déglutition fonctionnelle (Muller, 1983).

Il faut différencier la déglutition dysfonctionnelle qui est néfaste, et la déglutition atypique qui est fonctionnelle (Cauhepe et coll., 1953).

La déglutition dysfonctionnelle, fréquemment retrouvée chez les enfants et certains adultes, est causée par :

- Un défaut de positionnement de l'apex de la langue qui s'appuie sur les incisives supérieures et/inférieures (figure 14) ;

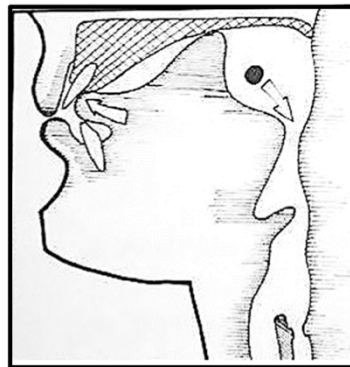


Figure 14 : schéma de l'appui lingual pathologique sur les incisives (Source : Chateau, 1993)

- Une incapacité du dos de la langue à s'étaler sur la voûte palatine et à provoquer sa dépression vers l'arrière ;
- Une interposition de la langue entre les arcades dentaires (entraînant des infraclusions antérieure ou latérale) ;
- Une contraction anormale des lèvres (figure 15).

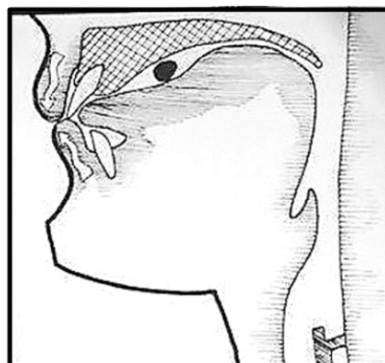


Figure 15 : schéma de la contraction anormale des lèvres (Source : Chateau, 1993)

Deffez, Fellus et Gérard définissent les signes cliniques de la déglutition dysfonctionnelle : une contraction de la musculature péri-orale, une incompétence labiale, une interposition linguale au cours de la déglutition ou protrusion linguale, une absence de contacts interdentaires, une ventilation orale exclusive (Deffez et coll., 1995)

Ces mécanismes dysfonctionnels de déglutition proviennent, soit d'une immaturité psycho-motrice par persistance d'une habitude de succion nutritive, soit d'une parafonction, ou d'une adaptation liée à un trouble oro-facial (ventilation orale, inocclusion labiale, position basse de la langue).

Une déglutition dysfonctionnelle est à l'origine d'un déséquilibre de la croissance cranio-faciale, entraînant des répercussions squelettiques, alvéolo-dentaires, et dentaires.

1.3.4. Mastication

La mise en place d'une mastication fonctionnelle apparaît entre le 11^{ème} et le 18^{ème} mois.

Le développement de la mastication s'effectue avec à la maturation des fonctions et l'acquisition d'un ensemble de praxies.

A 9 mois, avec la maturité linguale, on observe les 1^{ers} mouvements verticaux de la langue derrière les incisives, qui font barrage.

Pour que la mastication se mette en place à partir de la 2^{ème} année de vie, il est nécessaire que les mouvements de latéralisation de la langue soient effectifs, et que la mastication soit enrichie par des aliments durs.

A contrario, une mastication immature est traduite par des mouvements antéro-postérieurs de la langue.

A l'âge de 1 an, l'enfant découvre, au cours des mouvements masticatoires que ses premières molaires maxillaires et mandibulaires entrent en occlusion. Pour la première fois, l'engrènement des surfaces antagonistes va définir une position de référence stable de la mandibule, et va verrouiller les relations transversales et sagittales entre les arcades dentaires (Limme, 2002).

La mastication est définie comme le processus par lequel la consistance des substances alimentaires est mécaniquement modifiée, afin de les rendre aptes à être dégluties (1^{ère} étape de la digestion). La mastication est une fonction oro-faciale active impliquant les dents, la langue et les muscles intra et péri-oraux (Boileau et coll., 2006).

La cycle masticatoire est rythmé par une succession de mouvements mandibulaire de propulsion, rétropulsion et diduction. Chaque cycle comporte 4 phases impliquant deux groupes musculaires, les muscles élévateurs et les muscles abaisseurs, intervenant chacun au cours d'une phase définie (figure 16).

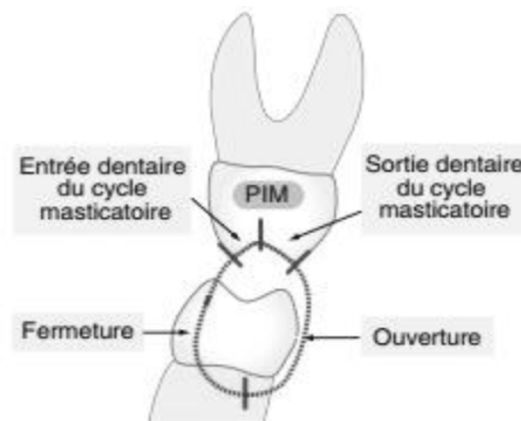
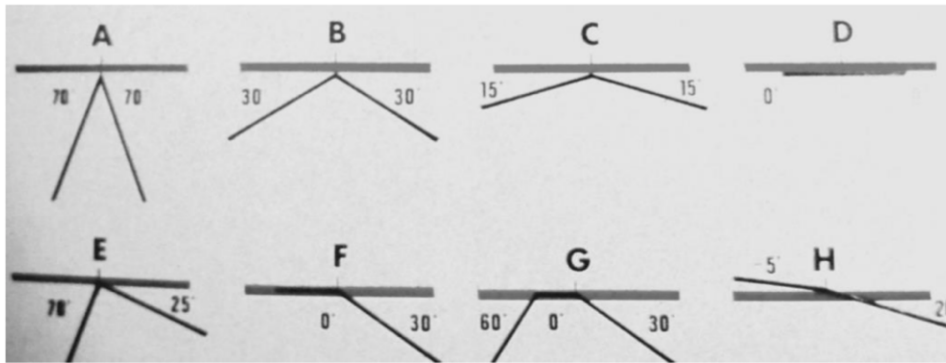


Figure 16 : cycle masticatoire (Source : Lauret et Le Gall, 2002)

Le rôle de la langue, au cours de la mastication, est de déplacer le bolus d'une hém arcade vers sa controlatérale ; tandis que la sangle labio-jugale maintient par sa contraction, les aliments entre les arcades dentaires (Le Gall et Lauret, 2002).

Les angles fonctionnels masticateurs de Planas (AFMP) matérialisent les mouvements de diduction droite et gauche, dans le plan frontal, par rapport au point de référence inter-incisif. Ils permettent d'évaluer le caractère symétrique de la fonction masticatoire (Planas et coll., 2006) (figure 17).



A : mastication bilatérale sur dents très cuspidées
B : mastication bilatérale sur dents peu usées
C : mastication bilatérale sur dents usées
D : mastication bilatérale sur dents très usées
E : mastication unilatérale

Figure 17 : exemples de mesures d'angles fonctionnels masticateurs de Planas (Source : PLANAS, 1992)

Selon l'analyse de Planas, la mastication est considérée comme dysfonctionnelle, lorsqu'il existe une asymétrie des AFMP. Le côté préférentiel de mastication se situe du côté où l'AFMP est le plus petit.

Cette activité neuromusculaire synchrone et symétrique justifie le rôle morphogénétique des muscles faciaux sur la croissance maxillo-mandibulaire.

Une mastication fonctionnelle doit être unilatérale alternée, afin d'obtenir un développement symétrique du système masticateur.

Si elle est unilatérale stricte, elle est dite afunctionnelle et entraîne, chez l'enfant, une anomalie de croissance des bases osseuses.

On observe chez un jeune patient présentant une mastication unilatérale stricte (Boileau et coll., 2006) :

- Du côté mastiquant :
 - Une héli-mandibule plus courte ;
 - Un développement marqué du maxillaire vers l'extérieur et vers l'avant ;
 - Une occlusion de classe II d'Angle.
- Du côté opposé :
 - Un allongement excessif de l'héli-mandibule ;
 - Un condyle plus allongé ;
 - Une occlusion de classe I d'Angle.

Au niveau mandibulaire, une asymétrie du cycle masticatoire, conduit à l'absence de propulsion du condyle du côté travaillant, et à une propulsion du condyle du côté non travaillant, et donc à un excès de croissance homolatérale (De Salvador et Planas, 2010).

Cette croissance asymétrique peut conduire à une latérodéviation mandibulaire, et à terme à une latérogнатhie mandibulaire. On peut également observer une perturbation du plan occlusal (orientation frontale du plan d'occlusion vers le haut du côté mastiquant et vers le bas du côté controlatéral).

Les troubles de la mastication peuvent être associés à un défaut de l'usure naturelle de la denture temporaire, provoquant des perturbations dans le processus de dentition et des anomalies de l'occlusion.

Dès la naissance, l'appareil manducateur doit être sollicité, avec l'allaitement, pour stimuler la croissance.

Une alimentation solide doit être introduite dès l'apparition des premières molaires temporaires. En effet, plus la texture de l'aliment sera consistant, plus le travail musculaire, l'amplitude des mouvements et la durée des cycles masticatoires seront importants. Les pressions transmises à l'os au cours des mouvements favorisent la mise en place d'une occlusion fonctionnelle. Cette première relation d'intercuspidation va permettre le verrouillage de la dimension transversale, et assurer la coordination de la croissance squelettique (Limme, 2002).

Dans leur étude, Beecher et Corruccini ont montré qu'une alimentation molle chez un groupe de rats s'accompagnait d'un maxillaire étroit, un palais ogival, associée à des malpositions et encombrements dentaires, par rapport au groupe ayant reçu une alimentation solide (Beecher et Corruccini, 1981).

2. SÉMIOLOGIE CLINIQUE DES MALOCCLUSIONS INVERSÉES POSTÉRIEURES

On distingue les malocclusions et les dysmorphoses. Selon Bassigny, la malocclusion est un engrènement anormal des dents en position d'intercuspidie maximale (Kimmel, 1987). Les malocclusions ne sont pas forcément associées à une anomalie de croissance, bien qu'elles puissent être en relation.

La dysmorphose résulte, d'un point de vue osseux, d'une anomalie de croissance maxillo-faciale ; une compensation dentaire peut se mettre en place, afin d'éviter la malocclusion.

La malocclusion est définie comme toute variation à l'occlusion optimale et fonctionnelle. Les malocclusions dentaires sont décrites selon les trois sens de l'espace. Seuls les troubles de l'occlusion du sens transversal sont abordés dans ce sujet.

Les malocclusions inversées postérieures sont des troubles de l'occlusion dans le sens transversal. Elles touchent le maxillaire ou la mandibule, et peuvent être unilatérale ou bilatérale (symétrique ou asymétrique), leur origine est basale ou alvéolaire. A ces dysharmonies morphologiques, peut être associée une anomalie cinétique : la latérodéviation mandibulaire (Bassigny et Canal, 1991).

2.1.Établissement de l'occlusion en denture mixte, la normalité et la pathologie du sens transversal

2.1.1. Rappels sur l'occlusion

L'occlusion dentaire est un état statique correspondant à toutes situations de contacts inter-arcades ; il en existe donc plusieurs, parmi lesquelles l'occlusion d'intercuspidie maximale (OIM) est la plus stabilisante.

L'OIM est caractérisée par « la position mandibulaire en occlusion, où le rapport d'engrènement dentaire se caractérise par le plus grand nombre de contacts inter-arcades, autorisant l'intensité maximale des contractions musculaires. La position mandibulaire, physiologique, de référence, est précise, unique, médiane et répétitive, favorisant une fonction musculaire automatique et simple » (Collège National d'Occlusodontie).

L'OIM idéale (tripodisme des dents) est un modèle théorique, utilisé comme étalon pour le diagnostic et comme objectif pour la thérapeutique.

L'OIM fonctionnelle optimale doit être stable, fonctionnelle, et non nuisible pour le système articulaire (protection des ATM) ; on parle de tripodisme gnathologique, nécessitant trois contacts réels par molaire. Elle permet la stabilité de chaque organe dentaire.

L'OIM constitue la position occlusale de référence, tandis que la relation centrée (RC) constitue la position articulaire de référence ; elle est indépendante des dents.

La RC est obtenue par mouvement axial terminal (rétrusion) depuis la position en OIM. Elle est définie par : « la situation condylienne de référence, la plus haute, réalisant une coaptation condylo-disco-temporale simultanée et transversalement équilibrée, obtenue par contrôle non forcé. Elle est réitérative dans un temps donné et une posture corporelle donnée, et enregistrable à partir d'une rotation mandibulaire » (Collège National d'Occlusodontie, 1984).

La différence entre OIM et ORC est évaluée selon la manipulation en position de relation centrée, suivi d'une position en intercuspidation maximale.

Il existe 85% (Posselt, 1968) à 100% (Rozenzweig, 1984) de discordance entre ORC et OIM.

Dans le sens transversal, un décalage minime de 0,1mm d'écart est toléré.

2.1.2. La normalité du sens transversal

L'arcade maxillaire circonscrit l'arcade mandibulaire. La cuspide d'appui (cuspide palatine) maxillaire est en contact avec la gouttière occlusale de la dent antagoniste (figure 18).

Les cuspides vestibulaires des prémolaires et les cuspides mésio-vestibulaires des molaires mandibulaires s'insèrent dans l'embrasure occlusale, et entretiennent un contact avec les crêtes marginales mésiales et distales des dents antagonistes (figure 18).

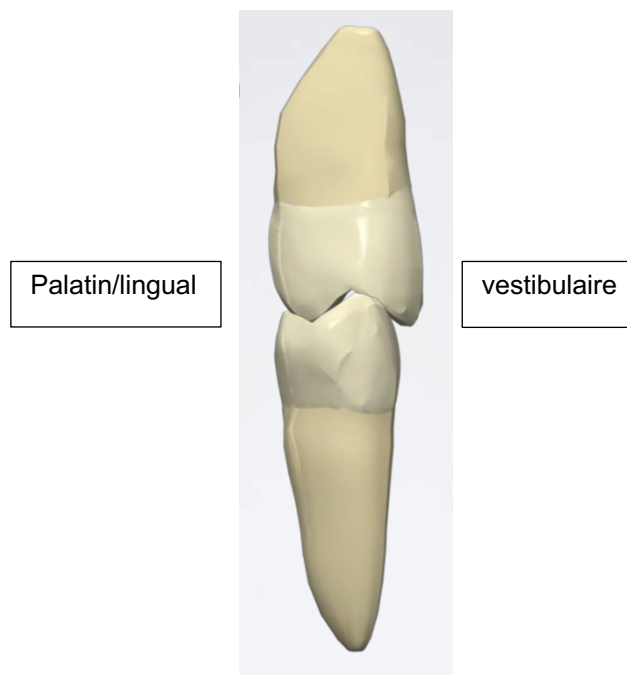


Figure 18 : contacts occlusaux sur les versants cuspidiens opposés, sens transversal (Source ; Boileau, 2012)

Au maxillaire, les faces palatines des cuspides vestibulaires conservent un espace avec les faces vestibulaires des cuspides vestibulaires à la mandibule (figure 19).



Figure 19 : photographie endobuccale d'une occlusion postérieure normale, en coupe sagittale (Source : Boileau, 2012)

Les milieux inter-incisifs maxillaires et mandibulaires doivent être alignés sur le plan sagittal médian (ophryon, point sous nasal, pogonion).

Les cuspides vestibulaires et linguales, et leurs controlatérales, des dents cuspidées maxillaires et mandibulaires, suivent une courbe à concavité supérieure, définie par la courbe de Wilson. Les dents du secteur postérieur présentent une inclinaison linguale plus accentuée que celle des dents du secteur antérieur (figure 20).

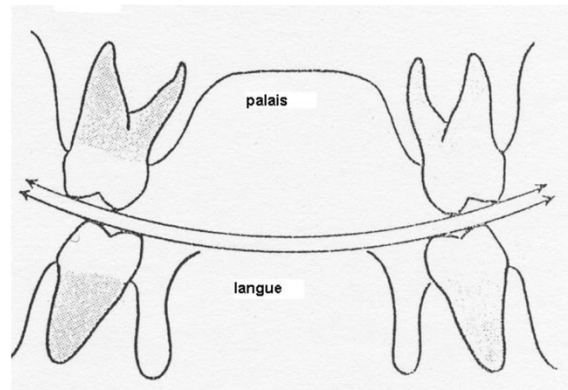


Figure 20 : courbe de Wilson, dans le plan frontal
(Source : https://conseildentaire.com/glossary/courbe-de-wilson/#google_vignette)

Une courbe de Wilson, augmentée dans les cas d'endognathie maxillaire, ou diminuée dans les cas d'endoalvéolie maxillaire, associée à une occlusion postérieure non fonctionnelle, est responsable du verrouillage occlusal et freine ainsi l'expression de la croissance mandibulaire (Boileau, 2012).

2.1.3. L'occlusion inversée postérieure

L'occlusion inversée postérieure correspond à un trouble de l'occlusion dans le sens vestibulo-lingual (Bassigny et Canal, 1991).

L'arcade maxillaire ne circonscrit pas la mandibule. Les cuspides d'appuis maxillaires ne s'insèrent pas dans la fosse occlusale de leurs antagonistes. L'anomalie concerne donc les deux arcades.

On parle d'occlusion inversée postérieure dès lors que, au moins une dent maxillaire, de canine à molaire, s'engrène à l'intérieur de l'arcade mandibulaire.

Si l'occlusion inversée postérieure est unilatérale, elle est localisée à un seul secteur postérieur. *A contrario*, si elle est bilatérale, elle concerne les deux secteurs postérieurs controlatéraux (Malandris et Mahoney, 2004).

La forme unilatérale correspond à une anomalie transversale asymétrique (figure 21). La ligne inter-incisive entre le maxillaire et la mandibule est souvent déviée, et les canines temporaires peu abrasées.

Cliniquement, les procès alvéolaires concernés par l'anomalie sont orientés en dedans et les cuspides supports palatines maxillaires ne sont plus en contact avec la fosse centrale des dents mandibulaires.



Figure 21 : photographie endobuccale inter-arcade d'une occlusion inversée postérieure unilatérale gauche (Source : Boileau, 2012)

La forme bilatérale, symétrique, correspond à un déficit transversal sévère de l'arcade maxillaire, dont l'origine est majoritairement basale, avec un palais souvent profond et étroit ; l'étroitesse de l'arcade maxillaire est davantage prononcée que dans le cas d'une occlusion inversée postérieure unilatérale (Boileau, 2012) (figure 22). Les lignes inter-incisives coïncident, et la mandibule est centrée par rapport au plan sagittal médian.

L'occlusion est soit totalement inversée, les cuspides vestibulaires maxillaires s'engrènent en dedans des dents antagonistes mandibulaire, soit en bout à bout cuspidiens.



Figure 22 : photographie endobuccale inter-arcades d'une occlusion inversée postérieure bilatérale (Source : Boileau, 2012)

Des études ont montré que l'occlusion inversée postérieure bilatérale pourrait être un facteur prédisposant à une asymétrie du volume de la mandibule (Veli et coll., 2011) et à une asymétrie des condyles (Kiki et coll., 2007).

Une étude transversale descriptive a analysé les coupes de CBCT de trois groupes : un groupe de 15 patients avec une occlusion inversée postérieure unilatérale (UCG), un groupe de 15 patients avec une occlusion inversée postérieure bilatérale (BCG), et un groupe contrôle. L'un des objectifs était de mettre en évidence l'absence de différence significative de l'asymétrie mandibulaire entre le côté droit et le côté gauche, dans le groupe BCG. Les mesures dans le groupe BCG ont montré que, le volume de l'hémi-mandibule et du ramus était plus important du côté gauche que du côté droit. Les résultats ont donc révélé que, les patients avec une occlusion inversée postérieure bilatérale présentaient, en règle générale, une asymétrie mandibulaire (Veli et coll., 2011).

Une seconde étude transversale descriptive, a été réalisée sur un groupe de patients présentant une occlusion inversée postérieure bilatérale, comparé à un groupe contrôle de patients avec une occlusion postérieure normale et fonctionnelle. Les auteurs mettent en évidence une asymétrie des condyles, majoritairement retrouvée dans le groupe de patients avec une occlusion inversée postérieure bilatérale, par rapport au groupe contrôle ; bien qu'il n'y ait pas de différences statistiquement

significatives concernant la taille du condyle dans les deux groupes. Cette asymétrie condylienne pourrait être un facteur de risque, à terme, du développement d'une asymétrie mandibulaire d'origine squelettique (Kiki et coll., 2007).

Dans les deux cas, cette anomalie entraîne un verrouillage occlusal, pouvant être responsable de déformations morphologiques et/ou squelettiques dans l'une ou plusieurs dimensions de l'espace (transversale, sagittale, verticale).

2.2.Épidémiologie et prévalence

Les anomalies du sens transversal sont fréquentes et d'apparition précoce. Elles sont étroitement liées au contexte fonctionnel.

Selon Raberin, le déficit transversal du maxillaire représente en denture mixte 8 à 18% des malocclusions observées ; ce sont les anomalies de l'occlusion du sens transversal les plus rencontrées. Dans 7,7% des cas le déficit du sens transversal se manifeste par une occlusion postérieure inversée (Raberin, 2001).

Dans l'étude réalisée par Souames et al., en France, 8% des enfants âgés de 9 à 12 ans avaient une occlusion inversée. Les enfants ayant eu ou en cours de traitement orthodontique ont été exclus (Souames et coll., 2006).

D'après plusieurs études, la prévalence des malocclusions inversées postérieures au stade de denture temporaire est estimée entre 13% et 25% (Dimberg et coll., 2010 ; Ogaard et coll., 1994).

Généralement, l'occlusion inversée postérieure en denture temporaire persiste en denture mixte et adulte (Thilander et Lennartsson, 2002).

Cependant, les occlusions inversées postérieure n'apparaissant qu'au stade de denture mixte, entre 6 et 10 ans, sont peu fréquentes (Bowden, 1966 ; Kennedy et Osepchook, 2005).

La prévalence de l'occlusion inversée postérieure de forme unilatérale est supérieure à la forme bilatérale (Kobayashi et coll., 2010 ; Scavone et coll., 2007).

En effet, l'occlusion inversée postérieure de forme unilatérale est l'une des malocclusions les plus fréquentes au stade de denture mixte, on évalue sa fréquence entre 7 et 23% (Michelotti et coll., 2011).

Plusieurs études nous permettent de dire que la majorité de ces troubles de l'occlusion apparaissent relativement tôt (dès l'éruption des molaires temporaires). Par conséquent, il semble pertinent de s'intéresser aux facteurs environnementaux et aux habitudes de vie précoces du jeune enfant, pouvant être à l'origine de cette malocclusion.

2.3. Anomalies du sens transversal

La morphogénèse des arcades dentaires est caractérisée par une alternance de phases actives et de périodes de stabilité ; c'est la raison pour laquelle les dysharmonies du sens transversal, au cours du stade de denture mixte, sont fréquentes.

Toute anomalie de forme, de position, et de fonction, observée par rapport au plan sagittal médian est caractérisée d'anomalie du sens transversal. Elles peuvent affecter les bases squelettiques (« gnathie ») ou se limiter aux procès alvéolaires (« alvéolie »), et entraînent des troubles de l'occlusion. La malocclusion inversée postérieure peut être associée à une latérodéviation mandibulaire (origine cinétique).

2.3.1. Origine basale

Selon Bassigny, l'endognathie maxillaire correspond à une insuffisance de développement transversal du maxillaire, d'origine basale. Elle est caractérisée par une inclinaison normale ou légèrement en dehors des procès alvéolaires (Bassigny et Canal, 1991) (figure 23).



Figure 23 : photographie endobuccale inter-arcades d'une endognathie maxillaire, vue transversale (Source : Boileau, 2012).

Cette anomalie squelettique peut être isolée, ou observée dans un contexte de défaut de croissance globale du maxillaire (classe III squelettique).

Deux mécanismes principaux sont la cause d'une endognathie maxillaire (Boileau, 2012) :

- Une langue en position basse, ne joue plus son rôle morphogénétique, par pression positive directe sur la voûte palatine, permettant la stimulation de la suture palatine médiane, et par conséquent la croissance transversale du maxillaire et la formation du palais.

- Le flux aérien ventilatoire, lors d'une ventilation physiologique nasale, a une action sur l'expansion volumétrique des cavités sinusiennes et des fosses nasales sur la croissance transversale du maxillaire, et réciproquement. Une ventilation pathologique qui s'effectue partiellement ou exclusivement par voie orale, ne permet pas le développement morphogénétique des bases osseuses, des sinus et des fosses nasales. Dans le cas d'une ventilation buccale, aucun de ces deux processus ne peut être effectif étant donné l'efficacité limitée de la ventilation nasale et de l'étroitesse du maxillaire.

Elle est en relation étroite avec les fonctions oro-faciales. On constate sa prévalence augmentée en présence d'une dysfonction ventilatoire (Boileau, 2012).

2.3.2. Originale alvéolaire

L'endoalvéolie maxillaire est caractérisée par l'inclinaison des procès alvéolaires supérieurs en direction palatine, de façon unilatérale ou bilatérale.

Cette anomalie strictement alvéolaire, est directement liée à la malocclusion, dans les cas de déséquilibres musculaires importants.

En effet, l'équilibre neuro musculaire de la langue (interne) et la sangle labio-jugale (externe) est en relation étroite avec l'orientation des procès alvéolaires.

Dans certains cas, pour compenser un décalage transversal d'origine squelettique (endognathie), une endoalvéolie dite « compensatrice » se met en place afin de conserver une occlusion transversale normale (Boileau, 2012) (ce cas n'est pas approfondi dans cette thématique).

On distingue l'endoalvéolie asymétrique de l'endoalvéolie symétrique.

- L'endoalvéolie asymétrique est observée chez un patient présentant une occlusion inversée postérieure unilatérale ; l'arcade maxillaire est asymétrique selon une coupe transversale (figure 24).

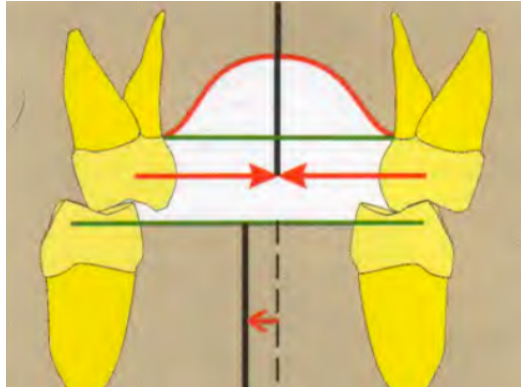


Figure 24 : schéma d'une endoalvéolie asymétrique – coupe transversale (Source : Patti et Perrier d'Arc, 2003)

- Parmi les endoalvéolies symétriques, on compte celles :
 - Sans latérodéviation (figure 25) : dans ce cas, l'occlusion inversée postérieure est bilatérale et peut apparaître dès le stade de denture temporaire ;

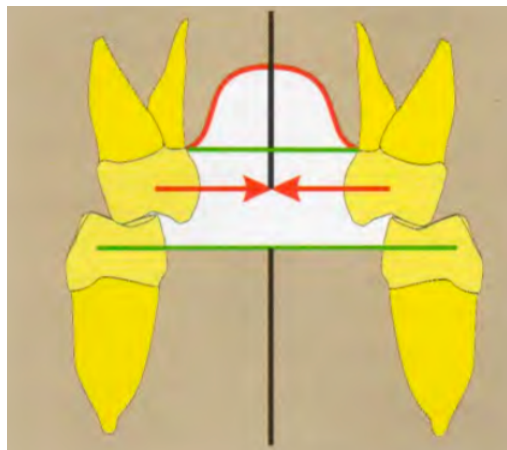


Figure 25 : schéma d'une endoalvéolie symétrique sans latérodéviation – coupe transversale (Source : Patti et Perrier d'Arc, 2003)

- Avec latérodéviation (figure 26).

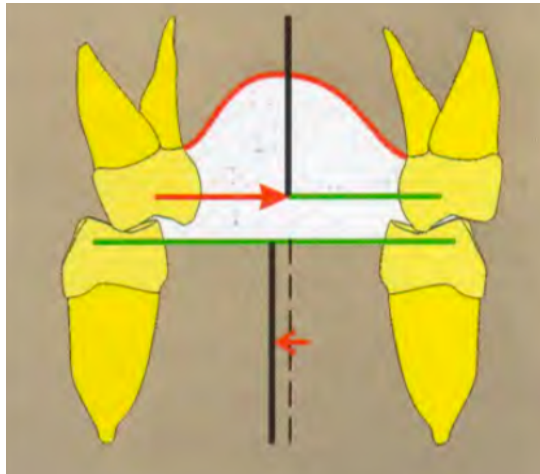


Figure 26 : schéma d'une endoalvéolie symétrique avec latérodéviation – coupe transversale (Source : Patti et Perrier d'Arc, 2003)

2.3.3. La latérodéviation, une anomalie cinétique

L'occlusion inversée postérieure est fréquemment associée à une latérodéviation de la mandibule (figure 27). Elle est classée parmi les latérodéviation fonctionnelles à contacts défectueux multiples, notamment retrouvées dans les cas d'endoalvéolie symétrique ou asymétrique (signes cliniques retrouvés dans le syndrome de Cauhépé et Fieux décrit par Chateau (Château, 1993)).



Figure 27 : photographie endobuccale inter-arcade d'une endoalvéolie unilatérale gauche associée à une latérodéviation mandibulaire gauche (Source : Le Gall, 2009)

La latérodéviation fonctionnelle est un « trouble de la symétrie » (Deblock et coll., 1998), caractérisée par un écart transversal de la ligne médiane inter-incisives en OIM, qui disparaît en RC. En effet, il existe une déviation du chemin de fermeture de la mandibule : elle réalise un déplacement latéral entre le trajet de la position de repos articulaire à la position d'intercuspitation maximale.

Les condyles s'insèrent donc en position asymétrique dans les cavités glénoïdes.

L'asymétrie mandibulaire cliniquement décelable en OIM n'est plus visible en position de repos (RC) ; on parle de pseudo asymétrie faciale (Mongini et coll., 1992) (figure 28).



Figure 28 : photographies endobuccales en position d'intercuspédie maximale, lignes inter-incisives déviées (gauche), en relation centrée, concordance des lignes inter-incisives (droite). La patiente présente une latérodéviation mandibulaire gauche (Source : Boil)

Les malocclusions et interférences occlusales sont le résultat de la latérodéviation mandibulaire fonctionnelle au cours de la trajectoire de fermeture (Château, 1993) ;

Schématiquement, on observe qu'en occlusion, un contact instable s'établit de cuspide à cuspide, obligeant la mandibule à se repositionner en glissant latéralement afin de trouver un engrènement confortable. La mandibule n'est alors pas centrée par rapport au plan sagittal médian, mais déviée latéralement (Lam et coll., 1999) (figure 29).

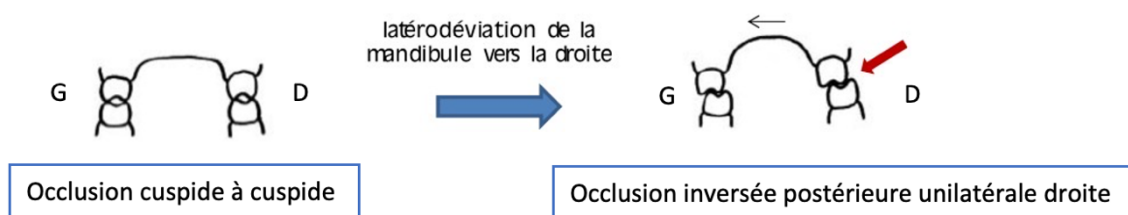


Figure 29 : occlusion inversée unilatérale associée à une latérodéviation mandibulaire (Source : Helm et Petersen, 1989)

Si la malocclusion n'est pas prise en charge, la latérodéviation fonctionnelle peut évoluer, en période de croissance, vers un désordre cranio-mandibulaire, et se transformer en latérogathie vraie (O'Byrn et coll., 1995) (figure 30). Salagnac définit la latérogathie comme « une anomalie de forme, de dimension ou de volume, affectant l'un ou les deux côtés de la mandibule, et s'accompagnant le plus souvent, mais non obligatoirement, d'une déviation latérale de la mandibule par rapport au plan de symétrie du visage » (Salagnac, 2001).

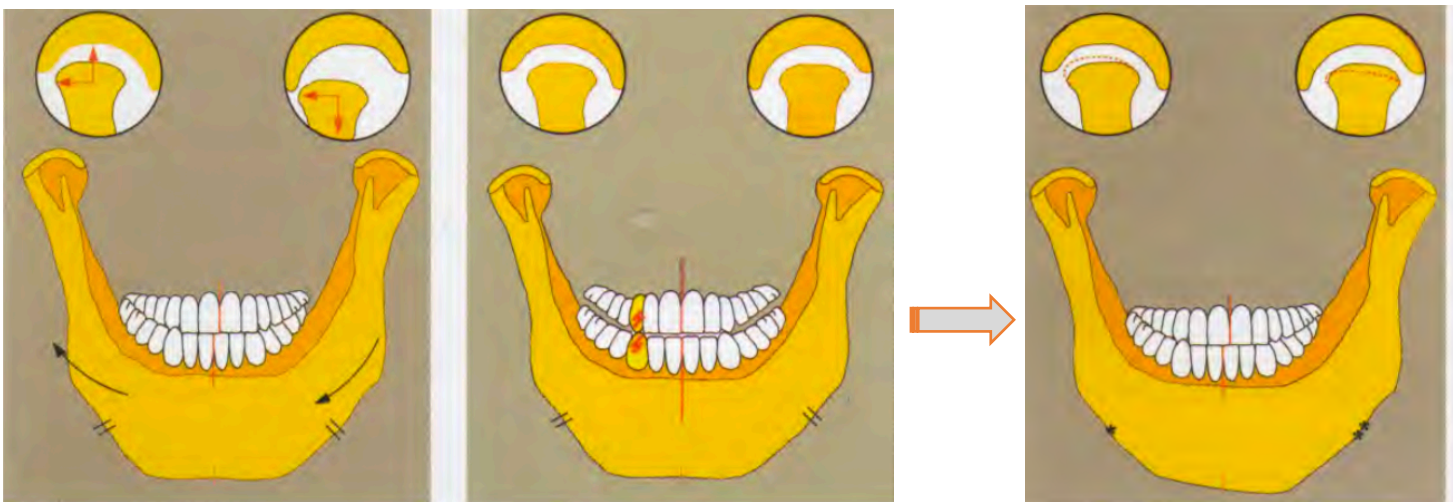


Figure 30 :

- Schémas à gauche : latérodéviation mandibulaire caractérisée par les milieux inter-incisifs déviés en OIM (gauche), et les milieux inter-incisifs alignés en RC (droite).
- Schéma à droite : transformation de la latérodéviation en latérogathie. Les milieux inter-incisifs sont déviés en OIM et en RC
-

(Source : Thèse « Les anomalies du sens transversal, le point sur les dix dernières années », 2019)

Selon Bassigny, une anomalie basale est caractérisée par une anomalie de forme de la mandibule, associée à une occlusion inversée unilatérale, et une déviation des milieux inter-incisif en OIM et en RC (Bassigny et Canal, 1991).

2.4. Démarche diagnostique

Selon Delaire, le meilleur moyen de diagnostiquer une dissymétrie faciale du sens transversal, est d'analyser la croissance d'une hémiface et de la comparer à sa controlatérale, dont elle est à priori le reflet l'exact (Delaire, 1961).

La seule étude clinique est parfois insuffisante pour affirmer la présence d'une anomalie du sens transversal, et déterminer son origine. Les examens radiographiques (CBCT, téléradiographie) permettent de confirmer le diagnostic.

2.4.1. Diagnostic positif

- Anamnèse

La présence d'un responsable légal est nécessaire étant donné le jeune âge du patient.

Au cours de l'interrogatoire médical, on se renseigne en première intention sur le motif de consultation (adressé par un professionnel de santé, inquiétude des parents, gêne esthétique et/ou fonctionnelle).

L'aspect général de l'enfant, l'âge, le sexe, l'ethnie, la coopération, la compréhension, la maturité psycho-affective, le niveau scolaire, et la motivation de l'enfant et des parents sont essentiels pour analyser le contexte clinique et pour établir un traitement adapté.

L'anamnèse s'intéressera :

- Aux pathologies générales avec des conséquences sur le développement de l'enfant (cardiopathies, diabète, immunodépression...), les maladies génétiques et grands syndromes
- Aux troubles hormonaux associés à un retard de croissance
- Aux pathologies de la sphère ORL (Oto-Rhino-Laryngologie), en relation avec un trouble de la ventilation : allergies, infections des voies aériennes supérieures à répétitions, asthme, tonsillectomies, qualité du sommeil, troubles de la concentration ou retard scolaire

- Les antécédents familiaux (parents/fratrie) : maladie génétique et dysmorphoses héréditaires
- Les habitudes alimentaires, d'hygiène orale, ainsi que la présence de dysfonctions et/ou parafunctions
- Les antécédents dentaires de l'enfant, la présence de soins, de traumatismes, la prise en charge et la fréquence du suivi.

Ces informations sont indispensables pour évaluer la possibilité et la nécessité de prise en charge précoce du jeune patient.

- Examen exo-buccal

L'examen clinique exo-buccal apporte un nombre d'informations limité concernant la morphologie des bases osseuses et l'inclinaison des procès alvéolaires, puisque ces structures sont recouvertes par des tissus mous.

Néanmoins, comme montré précédemment, les dysfonctions peuvent entraîner des anomalies d'origine cinétique, alvéolaire ou basale. On recherche donc des signes indicateurs de présence de dysfonctions.

De face

- L'aspect général du visage : forme carrée, ronde ou allongée
- Dans le plan transversal
 - Un développement asymétrique des hémifaces
 - Une forme courbe ou brisée de la ligne joignant les points médians du visage, caractéristique d'une asymétrie faciale ou mandibulaire
 - Une position déviée du menton par rapport au plan sagittal médian
 - Une convergence des lignes horizontales

On distinguera l'asymétrie squelettique vraie (latérogathie) de l'asymétrie liée à un trouble fonctionnel de la position de la mandibule (latérodéviation).

○ Dans le plan vertical

- La typologie du patient : une dimension de l'étage inférieur augmentée (figure 31) traduit une typologie hyperdivergente entretenue par une ventilation orale
- Des signes cliniques caractéristiques du faciès adénoïdien : paupières tombantes, cernes, pommettes effacées
- Les plis naso-labial sont marqués, lié au moindre support des maxillaires
- Une incompétence labiale au repos, ou une occlusion labiale forcée avec crispation de la musculature péri-orale



Figure 31 : photographie exo buccale de face d'un jeune patient (iconographie gauche), présentant une ligne sagittale médiane brisée au niveau de la cloison nasale, un faciès adénoïdien caractéristique, une dimension de l'étage inférieur de la face augmenté. On retrouve chez ce patient, à l'examen clinique endo buccal, une endognathie maxillaire (iconographie droite) (Source : cas clinique CHU Bordeaux).

- Examen du sourire

Dans le sens transversal :

- Une déviation des lignes inter-incisives ;
- Une inclinaison centripète des secteurs postérieurs maxillaire caractéristiques d'une endoalvéolie maxillaire ;

- La présence de corridors buccaux, signe d'une insuffisance de développement transversal du maxillaire (figure 32) (Sorel, 2004).



Figure 32 : photographie du sourire d'une patiente présentant des corridors buccaux larges, indiquant l'étroitesse du maxillaire (Source : Boileau, 2012)

- Examen endo-buccal

Il permet de diagnostiquer les anomalies dentaires, alvéolaires et occlusales.

- Aspect général

- L'évaluation du type de denture et la formule dentaire
- L'hygiène et le Risque Carieux Individuel (RCI)
- La présence d'un frein lingual hypertrophique, de chéilites commissurales, d'une gingivite marginale antérieure, d'une inflammation des piliers du voile du palais, du pharynx, et/ou de la muqueuse palatine sont des signes pathognomoniques de la ventilation buccale
- Un frein sublingual hypertrophique, court, ou pellucide responsable de l'ankyloglossie et empêchant le mouvement et la pression de la langue sur la voûte palatine est à dépister précocement

○ Intra arcades

- Une forme étroite et profonde de la voûte palatine traduit l'absence d'action morphogénétique de la langue et l'insuffisance du développement transversal
- La forme en V ou en « lyre » de l'arcade maxillaire supérieure
- Présence d'un encombrement dentaire de type dysharmonie dento-maxillaire (DDM)
- Une orientation centripète (palatine) des procès alvéolaires est le signe d'une endoalvéolie maxillaire.
- Une orientation verticale ou légèrement centrifuge (vestibulaire) des procès alvéolaires, pour compenser le déficit transversal du maxillaire dans le cas d'une endognathie (diagnostic différentiel entre une origine alvéolaire et basale)
- La non-concordance des arcades dentaires responsable de verrous occlusaux

○ Inter arcades

Dans le plan transversal, on recherche :

- Un décalage du milieu inter-incisif d'origine maxillaire ou mandibulaire
- Une occlusion inversée postérieure uni ou bilatérale
- Une courbe de Wilson diminuée dans le cas d'une endoalvéolie maxillaire, et augmentée dans le cas d'une endognathie
- La non-congruence des arcades dentaires responsable de verrous occlusaux

• Examen cinétique

L'étude de la cinétique mandibulaire permet d'évaluer la différence dans le sens sagittal entre la position en OIM et la position en RC. Une anomalie cinétique liée à une ou plusieurs interférences occlusales dans le cas d'une occlusion inversée postérieure, est analysée selon l'amplitude et la direction de glissement de la mandibule de la position de repos vers la position d'intercuspidie maximale. Ce mouvement permet le recentrage des arcades dans les cas de latérodéviation

mandibulaire d'origine cinétique, mais les latérogathies vraies persistent malgré le passage en position de RC.

On observe l'amplitude et la direction de déviation lors des mouvements d'ouverture et de fermeture, de propulsion et rétropulsion, et de latéralité.

On recherche à l'examen cinétique la présence d'une latérodéviation mandibulaire en position d'occlusion maximale, qui disparaît en position de repos mandibulaire.

Les fonctions de guidage (latéralité, propulsion) sont modifiées en présence d'une latérodéviation fonctionnelle. Un ou plusieurs contacts prématurés, dans les cas de d'occlusions inversées postérieures, entretiennent l'anomalie cinétique, et favorise l'apparition d'une fonction de groupe en latéralité.

L'axiographie est un moyen d'interprétation reconnu pour évaluer la cinématique condylienne. L'enregistrement des tracés axiographiques, lors des mouvements de rotation et de translation, permet d'analyser les mouvements fondamentaux d'ouverture-fermeture-diduction-propulsion-rétropulsion, et les fonctions de ventilation-déglutition-mastication-phonation.

- Examen fonctionnel

- ❖ L'environnement musculaire

La croissance céphalo-rachidienne est modelée par les tractions de la musculature nucale et dorsale, intimement liée à la posture crano-cervicale et par conséquent la posture générale. Plusieurs études ont montré l'influence de la posture, et donc de la musculature périphérique sur la morphologie faciale.

La musculature de la nuque associée à celle du dos (muscles trapèzes, spinaux,...), participe à l'extension céphalique, ainsi qu'au maintien de l'arbre trachéo-bronchique responsable de la fonction ventilatoire.

Plusieurs études ont montré qu'une malocclusion telle que l'occlusion inversée postérieure unilatérale, est considérée comme facteur aggravant de l'angulation crano-cervicale (Haas, 1965) et de la posture générale (Solow et Sonnesen, 1998 ;

Chinappi et Getzoff, 1995). Des contacts occlusaux anormaux, instables, seraient à l'origine de déséquilibres de l'appareil locomoteur, et d'une asymétrie posturale.

La malocclusion postérieure inversée unilatérale exercerait une influence sur le travail asymétrique des structures musculaires (Castelo et coll., 2010).

L'étude de Masson, a mis en évidence une différence statistiquement significative de la démarche et de la posture du groupe présentant une occlusion inversée postérieure, comparé au groupe cas témoin avec une occlusion stable et fonctionnelle (Mason et coll., 2018).

- Examen clinique de la posture et de la démarche :

- Analyse de profil

Posture générale :

- Alignement des plans scapulaires et fessiers ;
 - Courbures vertébrales physiologiques : lordose cervicale, cyphose thoracique, lordose lombaire.

- Analyse de face

- Horizontalité des épaules : tout décalage vertical ou antéro-postérieur traduit une attitude scoliotique (figure 33).



Figure 33 : patiente présentant une attitude scoliotique (Source : Boileau, 2012).

Environ un tiers des patients scoliotiques présente une dysmorphose de type latérogathie mandibulaire, associée à une occlusion inversée postérieure unilatérale (Boileau, 2012).

- Symétrie des pieds au sol.

- Les lèvres

L'aspect, la posture et la tonicité des lèvres influencent le développement des arcades dentaire (figure 34).

Des lèvres éversées et atones, ou encore l'absence d'occlusion labiale sont des signes caractéristiques d'une ventilation orale, ou d'une para fonction (suction de la lèvre inférieure, interposition de la lèvre inférieure sous l'arcade supérieure).

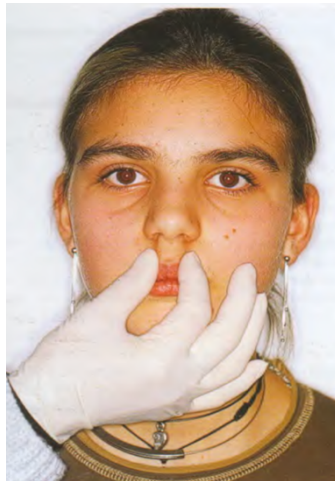


Figure 34 : évaluation de la tonicité labiale (Source : A. PATTI et G. PERRIER D'ARC, 2003)

- La langue

Nous avons expliqué précédemment l'influence de la langue sur croissance transversale de l'arcade maxillaire et l'inclinaison des dents.

Une analyse complète de la langue est nécessaire pour évaluer sa dysfonction :

- Évaluation du volume de la langue en protraction.
- La position de la langue est examinée au repos et en fonction, en écartant les muqueuses labiales et jugales. Une langue en position basse, ou s'interposant entre les arcades (latéralement ou antérieurement), n'exerce aucune stimulation de la suture palatine ; elle est susceptible d'être

responsable d'une occlusion inversée postérieure ou de déficit du sens transversal du maxillaire et sera recherchée impérativement à l'examen clinique.

- La mobilité linguale est évaluée au niveau de la pointe : élévation, protraction, diduction ; et au niveau de la base de la langue : faire prononcer « ka-ka-ka ».

Un frein lingual court est responsable d'une position basse de la langue, limitant sa mobilité (figure 35).



Figure 35 : frein lingual court responsable d'une langue en position basse (Source : file:///var/folders/ky/klm_xggj6zvg79y4wqm0pzy0000gn/T/TemporaryItems/NSIRD_screencaptureui_t15mVF/Capture%20d%E2%80%99e%CC%81cran%202021-10-03%20a%CC%80%2015.37.26.png)

- La tonicité est évaluée par la palpation linguale, et l'intensité de l'activité musculaire peut se mesurer avec des appareillages comme le Myoscanner 160-B (OMFT®).

- Les muscles masticateurs

Le volume et la tonicité des masséters sont appréciés par palpation de la région supra-angulaire, dents serrées.

L'évaluation de leur activité au cours de la déglutition, peut objectiver leur contraction plus ou moins forte, et plus ou moins longue.

❖ Examen des fonctions

○ Ventilation

On recherche à l'examen clinique le type de ventilation effectuée. Toute ventilation orale partielle ou exclusive sera considérée comme pathologique et doit être diagnostiquée précocement.

Signes exo-buccaux : (figure 36)

- Faciès caractéristique du ventilateur buccal : « faciès adénoïdien »
 - * Un visage fatigué, de forme allongée, pâle et inexpressif
 - * Des paupières tombantes, et des yeux cernés
 - * Un nez pincé, des narines collapsées
 - * Des lèvres gercées et atones
 - * Une incompetence labiale ou une occlusion labiale forcée (contraction du muscle mentonnier)
 - * Un empâtement au niveau de la région mentonnière
- Une posture céphalique antérieure et en hyperextension

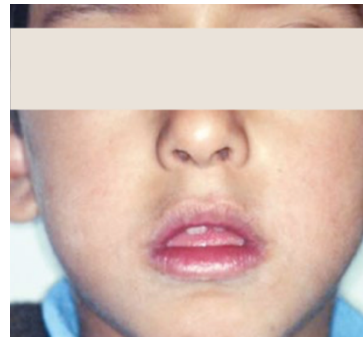
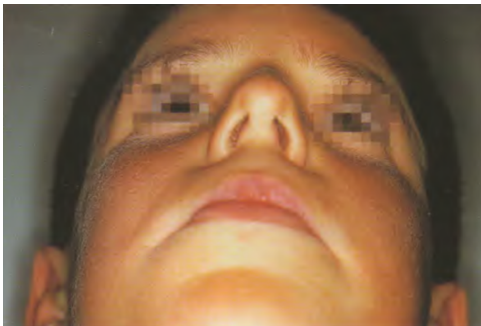


Figure 36 : signes exo buccaux : narines collapsées (photographie de gauche), lèvres gercées (photographie de droite) (Source : A. PATTI et G. PERRIER D'ARC, 2003)

Signes endo-buccaux :

- Une langue en position basse qui facilite le passage du flux aérien par voie orale ;
- Parfois la présence d'amygdales hypertrophiées (figure 37) ;



Figure 37 : signe endo buccal : amygdales hypertrophiées (Source : A. PATTI et G. PERRIER D'ARC, 2003)

- Une gingivite chronique sur le bloc incisivo-canin caractéristique d'une ventilation orale.

Afin de confirmer une ventilation buccale pathologique, trois tests peuvent être réalisés :

- Le test de Rosenthal : l'enfant doit réaliser 10 inspirations et expirations successives, par le nez, bouche fermée. Ce test permet d'évaluer la capacité de l'enfant à ventiler par voie nasale.

L'essoufflement et l'accélération des cycles d'inspirations/expirations traduisent la difficulté à ventiler par le nez et l'incapacité du jeune patient à effectuer les 10 cycles de ventilation physiologique successifs (l'enfant ouvre la bouche pour réaliser une inspiration par voie buccale).

- Le test de Gudín permet d'examiner le réflexe narinaire. Il est réalisé bouche fermée, le praticien pince le nez de l'enfant pendant deux secondes ; au relâchement s'effectue normalement la contraction réflexe des muscles alaires. Si les narines restent pincées, sans dilation, cela signifie que la ventilation du jeune patient s'effectue par voie orale (figure 38)



Figure 38 : test du réflexe narinaire de Gudín (Source : Limme, 2005)

Photographies de gauche à droite :

- Nez au repos
- Pincement des ailes du nez avec les doigts
- Dilatation réflexe des narines par contractions des muscles alaires, lors du relâchement

- Le test du miroir de Glatzel permet de quantifier la perméabilité narinaire, à l'aide d'un miroir refroidi placé sous les narines. L'analyse se porte sur la symétrie (perméabilité des deux narines) et l'importance des traces de buée sur le miroir (figure 39).



*Figure 39 : test du miroir de Glatzel
(Source : A. PATTI et G. PERRIER
D'ARC, 2003)*

On recherchera également lors de l'interrogatoire la présence de signes du syndrome d'apnée hypopnée obstructive du sommeil (SAHOS) : ronflements, apnées avec reprises de respiration bruyantes, somnolence, comportement hyperactif.

- Déglutition

L'examen clinique de la déglutition cherche à mettre en évidence la présence d'une fonction mature, ou la persistance d'une déglutition infantile.

On évaluera la physiologie de la fonction au cours de la déglutition d'une gorgée d'eau ou de salive, les arcades en occlusion, selon la position de la langue, l'activité labiale, la contraction des muscles élévateurs.



Figure 40 : activité labiale hypertonique et contraction de la musculature péri-orale, caractéristique d'une déglutition atypique (Source : A. PATTI et G. PERRIER D'ARC, 2003)

Une langue en position basse, ou interposée entre les arcades dentaires, la participation des muscles orbiculaires des lèvres, l'absence de contraction des muscles élévateurs de la face, sont les signes caractéristiques d'une déglutition immature de type succion-déglutition (figure 40).

○ Mastication

La mastication fonctionnelle doit être unilatérale alternée.

A l'interrogatoire, on se renseigne sur l'existence d'un côté préférentiel de mastication :

« de quel côté manges-tu ? »

L'examen clinique exo buccal permet d'évaluer la fonction au cours de la mastication d'un chewing-gum.

Une mastication de type « mastication-succion » avec peu de déplacements latéraux est considérée comme peu efficace et immature.

Une déviation du menton par rapport au plan sagittal médian est caractéristique d'une mastication atypique.

L'examen clinique endo buccal doit rechercher :

- Une occlusion postérieure inversée unilatérale. Le côté croisé étant le côté préférentiel de mastication.
- La présence de facette d'usure et leur répartition ; à l'âge de 6 ans les dents temporaires sont abrasées.
- Une déviation de la ligne inter-incisive

La mesure des Angles Fonctionnels Masticateurs de Planas (AFMP) est un indicateur de la qualité de la fonction masticatoire. On peut visualiser les AFMP en plaçant le bout d'une précelle entre les incisives mandibulaires, et analyser l'angle formé par les lignes inclinées et le plan horizontal, lors du passage de la mandibule de la position d'OIM à la position de bout à bout en latéralité, d'un côté et son controlatéral (figure 41).

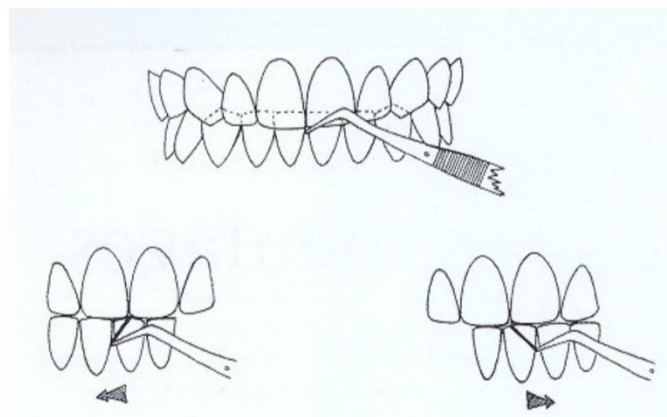


Figure 41 : mesure des angles masticateurs fonctionnels de Planas (AMFP) à l'aide d'une précelle (Source : Planas et Pedro, 2006)

- Phonation

L'examen de la phonation repose sur la prononciation des dentales et palatales (D,T,L,N), et des sifflantes et chuintantes.

Toute interposition ou pulsion linguale au cours l'élocution est considérée comme dysfonctionnelle.

- Parafonctions

Les parafonctions sont des écarts ou exagérations des praxies normales, considérées comme des habitudes non nutritives ou relationnelles. Elles peuvent être le reflet d'une simple habitude, la manifestation d'une immaturité psycho-affective, le symptôme d'une complication sous-jacente.

Elles se manifestent sous plusieurs formes et peuvent s'additionner : succion du pouce, de tétine, d'un textile, ou d'un objet, mordillement ou aspiration de la lèvre inférieure, bruxisme, onychophagie. Elles entretiennent les dysfonctions orales et peuvent entraîner des déformations morphologiques et occlusales (Boileau, 2011).

Elles peuvent être repérées à l'examen clinique dès la première approche avec l'enfant, qui réalise les gestes inconsciemment.

On recherche des traces de dents sur le pouce, un tic d'aspiration de la lèvre inférieure, des mimiques de succion linguale, des ongles rongés, des dents anormalement abrasées.

- Examens radiographiques

Les examens radiographiques précisent l'examen clinique précédemment réalisé.

- La radiographie panoramique est un examen de dépistage réalisé en première intention. Elle donne une image globale des arcades et des éléments environnants.

Elle fournit des informations sur la formule dentaire (agénésie dentaire), le stade de la denture, ainsi que sur l'état carieux et la morphologie des organes dentaires.

On recherche toute image pathologique responsable de dysfonctions ou dysmorphoses :

- Radio opacité sinusienne
 - Symétrie des héli mandibules
 - Morphologie et symétrie condylienne
- La téléradiographie est une technique d'imagerie qui permet de réaliser une analyse céphalométrique, réalisée à partir de tracés des structures cranio-faciales ou informatisée, afin de confirmer le diagnostic clinique.

⇒ La téléradiographie de profil en *norma lateralis*, permet d'observer :

- La posture céphalique : une projection antérieure du massif facial ou une posture céphalique en hyperextension sont les signes indicateurs d'une ventilation buccale (figure 42).



Figure 42 : posture céphalique en hyperextension (Source : Boileau, 2012)

- La non-perméabilité des voies aériennes supérieures ou la présence éventuelle d'obstacles à la ventilation nasale (Gola et coll., 2000)
 - * Dimension diminuée du pharynx
 - * Présence d'un contact vélo-pharyngé pathologique
 - * L'absence de contact vélo-lingual

- * Hypertrophie des amygdales palatines ou des végétations adénoïdes (figure 43)

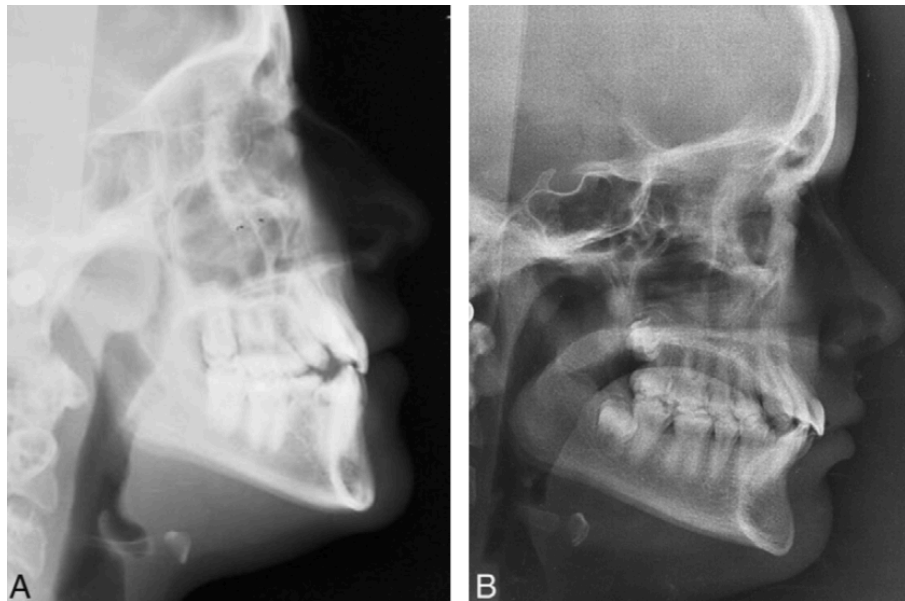


Figure 43 : A. végétations adénoïdes hypertrophiées ; B. amygdales palatines hypertrophiées
(Source : Boileau, 2012)

- * La position basse de la langue (figure 44)



Figure 44 : langue en position basse de la langue chez un ventilateur buccal (Source : Boileau, 2012)

- * Une incompétence labiale, ou une occlusion labiale forcée

- Des signes de rotation postérieure de Björk caractérisés par :
 - Un condyle incliné vers l'arrière
 - L'angle goniale ouvert et orienté vers le bas
 - La hauteur antérieure de l'étage inférieure de la face augmentée
 - Une échancrure pré-goniale marquée

Une analyse céphalométrique est nécessaire pour s'assurer de l'absence d'anomalies du sens vertical et sagittal associées.

⇒ La téléradiographie de face en *norma frontalis*, est considéré selon Ricketts, comme l'imagerie radiographique la plus adaptée pour quantifier une anomalie du sens transversal. Elle permet de réaliser le diagnostic différentiel entre une endoalvéolie (origine alvéolaire) et une endognathie (origine basale).

Il existe plusieurs signes témoins à retrouver sur une téléradiographie de face, traduisant d'une insuffisance du développement transversal du maxillaire (figure 45) :

- Une médiane inter-incisive déviée du plan sagittal médian
- Une symphyse mandibulaire asymétrique et déviée du plan sagittal médian
- L'inclinaison des procès alvéolaires
- La réduction de la dimension transversale des orifices piriformes et des fosses nasales accompagne l'endognathie, mais n'est pas retrouvée en présence d'une endoalvéolie
- La présence d'une radioclarité entre le processus zygomatique du maxillaire et la branche montante de la mandibule marquant significativement le défaut transversal du maxillaire qui ne circonscrit pas la mandibule
- Une hypertrophie des cornets ou une déviation du septum nasal faisant suspecter un obstacle à la ventilation nasale



Figure 45 : téléradiographie de face en norma frontalis, permettant de confirmer le diagnostic d'une occlusion inversée postérieure gauche, et la présence de fosses nasales étroites (Source : J. Cohen-Levy, 2011)

L'analyse céphalométrique de la téléradiographie de face permet de mesurer la largeur transversale du maxillaire et de la mandibule (Delaire, 1961). Elle est néanmoins critiquable de par sa difficulté d'interprétation.

- L'imagerie tridimensionnelle, Cone Beam Computed Tomography (CBCT) est un outil d'imagerie radiographique permettant une visualisation tridimensionnelle des structures dentaires et maxillo-faciale, sans superposition des structures adjacentes, et avec une faible exposition aux rayonnements comparé à la Tomodensitométrie.

Le CBCT complète les informations données par la téléradiographie de face : il apporte des renseignements sur l'inclinaison des dents et des procès alvéolaires, sur l'épaisseur des corticales osseuses, la relation entre les racines et les corticales vestibulaires, et permet ainsi de quantifier le degré de compensation dento-alvéolaire (Larson, 2014) (figure 46).

Actuellement, cette indication du CBCT est encore controversée en raison de l'irradiation importante de cette technique d'imagerie.



Figure 46 : coupe coronaire de CBCT passant par les premières molaires maxillaires, qui met en évidence une occlusion inversée postérieure unilatérale droite (Source : Larson, 2014)

Le CBCT permet d'évaluer l'état et la morphologie de la suture intermaxillaire. Une étude a été réalisée sur 140 patients âgés de 5 à 58 ans afin de définir des stades de maturation de la suture intermaxillaire. À la suite de cette étude, 5 stades de maturation ont été identifiés, selon la synostose ou non de la suture, et la densité osseuse de la ligne suturale. Cette classification fournit des paramètres fiables pour la décision clinique et permet d'élaborer un plan de traitement selon le potentiel de réponse de la suture intermaxillaire (Angelieri et coll., 2013) (figure 47).

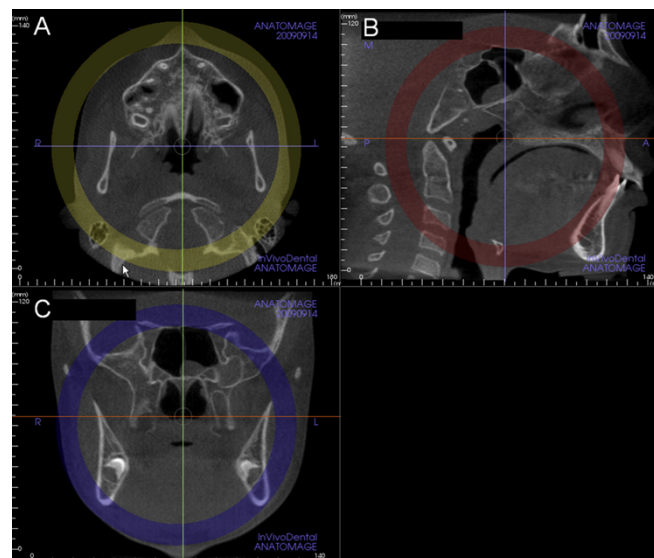


Figure 47 : coupes de CBCT dans les plans coronaire (A), axial (B) et sagittal (C), permettant l'évaluation de la suture intermaxillaire selon son stade de maturation (Source : Angelieri, 2013)

- La radiographie du poignet gauche et la radiographie de la main analyse la maturation des cartilages de conjugaison (atlas de référence de Greulich et Pyle) afin d'évaluer l'âge osseux par rapport à l'âge civil. Cette technique permet de mettre en évidence l'apparition du sésamoïde du pouce situé sur la face interne de l'articulation métacarpo-phalangienne, et signe la survenue de la grande poussée de croissance avant le pic pubertaire, qui correspond à un âge osseux de 13 ans chez le garçon et 11 ans chez la fille (figure 48).



Figure 48 : radiographie de la main gauche. La flèche indique le sésamoïde du pouce (Source : <http://campus.cerimes.fr/endocrinologie/enseignement/puberte/site/html/2.html>)

L'analyse radiographique du poignet et/ou de la main peut donc déterminer le stade de maturation atteint, et estimer le potentiel de croissance résiduel.

À ce jour, ces techniques d'imageries ne sont plus utilisées. Actuellement, on analyse le stade de maturation des vertèbres cervicales, visibles sur la téléradiographie de profil en *norma lateralis*, afin de ne pas irradier davantage le patient.

En effet, Baccetti et Franchi, ont défini une méthode de détermination du pic de croissance par l'analyse du stade de maturation des vertèbres cervicales. Ils expliquent que, jusqu'au stade CS3 (avant le pic de croissance), les effets orthopédiques de la disjonction intermaxillaire sont majorés (Baccetti et coll., 2005).

- Examens complémentaires

Les photographies et les moulages font également partie du dossier orthodontique et sont nécessaires au diagnostic.

- ❖ Les photographies

Le dossier sera complété par :

- Les photographies exo-buccales de face, profil et du sourire
- Les photographies endo-buccales inter-arcades de face et latérales, et les photographies intra arcades réalisées à l'aide d'un miroir.

- ❖ Les moulages et set-up

Les moulages permettent d'analyser avec davantage de précisions, les relations occlusales et les mesures dentaires indispensables à l'élaboration du plan de traitement.

- La forme des arcades et leur congruence
- Les dimensions dento-dentaires et dento-maxillaires
- La mesure du périmètre et la largeur transversale de l'arcade
- La symétrie des arcades dans le sens transversal
- Le décalage des lignes médianes inter-incisives

Ces modèles peuvent compléter le diagnostic d'anomalie du sens transversal en mettant en évidence, l'étéroitesse et la profondeur de la voûte palatine, l'inclinaison centripète des procès alvéolaires, ou encore l'appréciation de la courbe de Wilson.

Selon Bogue, à l'âge de 5 ans la largeur de l'arcade maxillaire doit mesurer au moins 28mm, et des diastèmes entre les incisives et les canines doivent être présents (diastèmes de Bogue). Si la distance palatine entre les deux molaires maxillaires, à partir du collet, est inférieure à 28mm, le diagnostic d'anomalie du sens transversal peut être évoqué.

Le montage des modèles en articulateur permet d'analyser l'occlusion cinétique, et particulièrement la présence d'une latérodéviation d'origine fonctionnelle.

Le set-up diagnostic est réalisé en repositionnant chaque dent selon la position et son occlusion optimale avec la dent antagoniste, d'après les critères céphalométriques (Kesling, 1956). L'évolution informatique et numérique permet à ce jour d'effectuer un set up virtuel, plus précis, et facilement modifiable.

❖ Bilan orthophonique

L'étiologie des malocclusions inversées postérieures étant principalement d'origine fonctionnelle, l'orthophonie semble donc indispensable pour la rééducation des fonctions. Le bilan orthophonique fait partie des premières étapes de la prise en charge du sujet jeune.

2.4.2. Diagnostic différentiel

Une malocclusion inversée postérieure peut être observée soit dans le cas d'une endognathie maxillaire importante liée à l'étroitesse prononcée de l'arcade supérieure qui ne circonscrit pas l'arcade inférieure, soit dans le cas d'une endoalvéolie maxillaire associée à l'inclinaison en dedans des procès alvéolaires supérieurs.

Le diagnostic différentiel entre l'endognathie (origine basale) et l'endoalvéolie (origine alvéolaire) se fait, cliniquement par l'orientation des procès alvéolaires et l'inclinaison des axes des dents postérieures, et radiographiquement par l'analyse de la téléradiographie de face.

Ces malformations sont parfois retrouvées de façon isolée, mais le plus souvent elles sont combinées à une dysmorphose du sens sagittal et/ou vertical. Une malocclusion dans un sens entraîne fréquemment des malocclusions dans les deux autres plans de l'espace, aggravant le diagnostic et compliquant la thérapeutique.

Le diagnostic différentiel avec la classe III squelettique par brachygnathie maxillaire doit être réalisé.

2.4.3. Diagnostic étiologique

D'après Château, les étiologies sont multiples allant de l'origine dysfonctionnelle (ventilation buccale), voire parafonctionnelle (suction non nutritive), à l'origine cinétique (prématurité sur les canines) (Château, 1993).

Toutefois, si l'origine fonctionnelle de certaines anomalies est largement avérée, avec un rôle majeur de la langue, le mécanisme étiologique précis et les facteurs de risques sont encore inconnus.

- Causes générales

- ❖ Héritaire, congénitale, génétique

Sorel évoque l'implication du caractère héréditaire dans les anomalies du sens transversal. Cette idée est controversée pour cause de manque de données (Sorel, 2004).

Les anomalies du sens transversal peuvent faire partie du tableau clinique de diverses malformations congénitales. On retrouve notamment :

- Le coloboma
- Le torticolis congénital
- Les fentes labio-palatines unilatérales/bilatérales et les fentes palatines isolées

La fermeture d'une fente, réalisée au cours de la première année de vie, favorise la croissance osseuse et l'équilibre musculaire bucco-pharyngé. Néanmoins, chez les patients opérés il peut exister : une endognathie maxillaire, une latérodéviation mandibulaire, des troubles de l'orientation des secteurs alvéolaires, en raison des brides cicatricielles.

Parmi les maladies génétiques, on retrouve chez les patients atteints de la myopathie de Duchenne une dystrophie musculaire à l'origine d'une dégénérescence progressive de l'ensemble des muscles. On constate chez ces patients, une fréquence plus élevée d'anomalies du sens transversal, liée à l'absence de stimulation neuromusculaire des muscles faciaux sur la croissance cranio-faciale (Morel-Verdebout et coll., 2007).

Dans certaines pathologies neuromusculaires telles que l'amyotrophie spinale de type I et II, les myopathies congénitales, et certaines dystrophies congénitales, on note une perturbation de la croissance des bases osseuses, liée à la faiblesse précoce des muscles.

Des agénésies dentaires multiples, peuvent engendrer un défaut du développement transversal du maxillaire, sous l'effet d'une stimulation du site alvéolaire inexistante, et une action des muscles et des fonctions orales insuffisante. Les malocclusions inversées postérieures sont fréquemment retrouvées chez des patients atteints d'agénésies dentaires multiples.

Chez les patients atteints de dysplasie ectodermiques hypohidrotique (DEH), présentant des signes cliniques tels que l'anodontie/hypodontie, une limitation importante de la croissance des maxillaires, dans les trois directions de l'espace, est fréquemment retrouvée.

Une étude a été réalisée chez des patients atteints de DEH, comparé à un groupe témoin, afin de mettre en évidence les anomalies faciales caractéristiques. En effet, on observe chez les porteurs du gène, une dimension transversale du maxillaire et une profondeur palatine anormalement étroite et courte (Saksena et Bixler, 1990).

- Causes locorégionales

- ❖ Fonctionnel

Le contexte fonctionnel semble être l'étiologie la plus probable dans l'apparition d'anomalies du sens transversal (McNamara, 2000).

Une ventilation buccale partielle ou exclusive, qu'elle soit d'origine infectieuse ou inflammatoire, traumatique, ou anatomique entraîne forcément un défaut de développement du maxillaire dans le sens transversal (Delaire, 1961).

Les praxies linguales, comme vu précédemment, ont un rôle morphogénétique majeur sur la croissance maxillo-faciale. Une langue, en position basse, n'entraîne aucune stimulation de la suture inter-palatine, et génère une croissance centripète des procès alvéolaires.

Une déglutition infantile, liée à une mauvaise position de la langue au cours du processus de déglutition (réalisé 1500 à 2000 fois par jour), peut provoquer une occlusion inversée postérieure, d'origine alvéolaire ou basale.

L'occlusion s'établit sous l'influence des phénomènes masticatoires. Une mastication non fonctionnelle entretient l'occlusion postérieure inversée sous l'effet d'une mastication unilatérale mais non alternée.

❖ Dentaire

La persistance prolongée d'une dent temporaire liée à une ankylose, ou une infection de la dent temporaire, entraîne un trouble d'éruption (retard, ectopie, dysmorphie) de la dent permanente sous-jacente. La séquence d'éruption est donc modifiée, susceptible d'entraîner une malocclusion de type occlusion inversée postérieure.

A contrario, la perte prématurée d'une dent temporaire provoque une perte d'espace dans le sens mésio-distal, et une diminution de périmètre d'arcade, et favorise de ce fait, l'apparition de malocclusions. Lorsque la notion d'espace et de temps ne sont pas en concordance avec la chronologie d'éruption, l'occlusion s'établit de manière dysfonctionnelle. En effet, la perte de la deuxième molaire maxillaire temporaire, avant l'éruption de la première molaire maxillaire permanente, correspond à une perte d'espace mésio-distal importante, susceptible d'entraîner une occlusion inversée postérieure (Jasmin et coll., 1980).

La présence d'un contact prématuré lors du chemin de fermeture favorise l'apparition d'une latérodéviation fonctionnelle associée à une occlusion inversée postérieure.

❖ Muqueux

Un frein lingual court ou une ankyloglossie restreignent la langue dans son rôle morphogénétique sur la croissance du maxillaire. La langue est contrainte en position basse, ce qui favorise le développement sagittal de la mandibule, mais n'exerce pas d'action sur le développement transversal de l'arcade supérieure.

❖ Voies aériennes supérieures

Tout obstacle à une ventilation nasale physiologique provoque une déformation morphologique et/ou squelettique. L'obstruction de l'espace oro-pharyngé par la présence de végétations adénoïdes ou d'amygdales palatines hypertrophiques, oblige une ventilation par voie orale, considérée comme pathologique, sur le développement cranio-facial, dans les sens transversal (hypodéveloppement du maxillaire) et vertical (typologie hyperdivergente).

Une étude, menée chez des enfants âgés de 6 à 12 ans, a sélectionné 30 patients du service de pédiatrie diagnostiqués avec une allergie chronique associée à une ventilation buccale, et 15 patients non allergiques avec une ventilation nasale. Un examen endo-buccal, et une analyse céphalométrique réalisée à partir de téléradiographies de profil, ont été effectués chez chaque patient. Les résultats comparatifs ont permis de conclure sur la croissance cranio-faciale anormale chez les ventilateurs buccaux. On retrouve plusieurs signes cliniques caractéristiques chez les enfants avec une ventilation orale, et notamment une étroitesse du maxillaire, associée à une prévalence élevée d'occlusions inversées postérieures (Bresolin et coll., 1983).

Un trouble de la perméabilité sinusienne, d'origine infectieuse, est responsable de l'apparition de sinusites chroniques. Elles peuvent provoquer un trouble de l'expansion volumétrique du sinus, et par conséquent limitent la croissance transversale maxillaire.

❖ L'articulation temporo-mandibulaire

Les articulations temporo-mandibulaires sont les moteurs de la cinématique mandibulaire.

Une ankylose de l'articulation ou une anomalie morphologique du condyle, telle que l'hypercondylie ou l'hypocondylie, définies respectivement comme une augmentation en longueur et en volume du condyle et inversement, peuvent avoir des répercussions sur la réalisation des mouvements fondamentaux mandibulaires et des fonctions oro-faciales. À terme, on retrouve chez ces patients une asymétrie squelettique caractéristique d'une latérogathie mandibulaire.

3. LES THÉRAPEUTIQUES ACTUELLES

3.1.Objectifs et principes de traitement

3.1.1. Les objectifs de traitement

Les objectifs de traitement de l'occlusion inversée postérieure s'inscrivent dans le cadre d'une thérapeutique globale :

- Obtenir un équilibre neuromusculaire et la normalisation des fonctions ;
Les objectifs fonctionnels sont guidés par l'obtention d'une ventilation nasale stricte, d'un joint labial hermétique, d'une déglutition mature, et l'amélioration de la fonction masticatoire et de la phonation.
- Corriger la largeur du maxillaire, afin d'obtenir une dimension transversale optimale et efficiente
- Prévenir le développement d'une dysmorphose complexe, qui peut conduire à une latérogнатhie, qui nécessiterait une intervention de chirurgie orthognatique.
- Empêcher l'évolution d'une dysfonction articulaire des ATM.
- Rétablir une occlusion stable et optimale, des fonctions occlusales physiologiques (centrage, calage, guidage), et des courbes de compensation fonctionnelles.
- Lever les verrous occlusaux.
- Rétablir une bonne inclinaison des procès alvéolaires.
- Restaurer les préjudices esthétiques, l'harmonie du visage, l'équilibre du sourire, des proportions satisfaisantes entre les muqueuses de recouvrement et les dents.

- Permettre la stabilité et la pérennité du résultat obtenu à court, moyen et long terme.
- Éviter les lésions iatrogènes.

3.1.2. Les principes thérapeutiques (Boileau, 2012)

- Traitement précoce

Bien que certaines occlusions inversées postérieures se corrigent spontanément, une interception précoce de l'anomalie du sens transversal est recommandée pour plusieurs raisons :

- l'interception d'une anomalie du sens transversal consiste à exploiter le potentiel de croissance de la suture médiane palatine pour permettre une expansion palatine optimale.

- la prise en charge précoce limite les risques d'aggravation du sens transversal sous l'influence de l'instabilité occlusale, et l'évolution d'une latérodéviation mandibulaire en latérogathie squelettique ou d'une luxation méniscale des ATM.

- Concordance transversale des arcades

Schématiquement, l'occlusion inversée postérieure uni ou bilatérale correspond à des rapports occlusaux dento-dentaires postérieurs inversés, laissant apparaître un maxillaire encastré dans la mandibule.

L'un des principes thérapeutiques consiste à élargir transversalement le maxillaire, et rétablir la concordance des arcades dentaires maxillaire et mandibulaire, afin de restaurer des contacts occlusaux postérieurs normaux.

L'expansion du maxillaire, par stimulation de la suture palatine médiane, autorise la levée des verrous occlusaux, le repositionnement de la mandibule retenue en position rétruse, et favorise la croissance mandibulaire dans les trois sens de l'espace.

De plus, l'augmentation du périmètre d'arcade limite le risque d'encombrement et d'inclusion dentaire lié au manque d'espace.

- Normalisation des fonctions

Les dysfonctions orales ont un rôle étiopathogénique majeur dans les anomalies du sens transversal. La réussite d'un traitement repose toujours sur la suppression de l'étiologie.

C'est la raison pour laquelle la normalisation des fonctions oro-faciales est un principe fondamental dans le succès et la stabilité de la thérapeutique.

On cherche à rétablir une ventilation nasale physiologique, une déglutition mature et une mastication unilatérale alternée, une fonction linguale physiologique, et supprimer les parafunctions.

- Contention de l'expansion transversale

Les récurrences des anomalies du sens transversal sont fréquentes en période de denture mixte, en particulier au niveau du secteur postérieur.

La contention post-traitement est nécessaire pour maintenir les corrections apportées, et limiter le risque de récurrences post-traitement.

Suite à la réalisation d'un bilan anatomo-fonctionnel complet et la mise en évidence de l'étiologie du déséquilibre, on envisagera une thérapeutique adaptée au patient.

La prise en charge d'un sujet jeune dépend néanmoins de nombreux critères, qui doivent impérativement être analysés, afin d'espérer un résultat optimal et stable à long terme.

3.2. Critères de choix thérapeutique

3.2.1. Quand intervenir ?

- Le traitement précoce : un facteur favorable

Les recommandations concernant l'âge de traitement sont controversées : certains auteurs recommandent de corriger l'anomalie dès le stade de denture temporaire pour éviter l'aggravation et les complications, d'autres recommandent d'attendre le stade de denture mixte, car certaines occlusions inversées postérieures se corrigent spontanément.

L'ANAES recommande de « réaliser un examen de dépistage avant l'âge de 6 ans et traiter toutes anomalies susceptibles de porter atteinte à la croissance de la face, des arcades dentaires ou d'altérer leur aspect, et de nuire aux fonctions orales et nasales » (Agence Nationale d'Accréditation et d'Evaluation de la Santé, 2002).

Plusieurs auteurs ont confirmé les bénéfices apportés par un traitement précoce :

- D'après Frazer cité par Raberin, la prise en charge thérapeutique doit s'effectuer le plus tôt possible, dès la mise en place de la denture mixte stable (Raberin, 2001).
- Gugino estime que, plus le traitement est précoce, plus la face s'adapte au concept imposé ; à *contrario*, pour un traitement effectué tardivement, c'est le concept qui devra s'adapter à la face du patient (Gugino et Dus, 2000).
- Selon Deshayes, toute perte de symétrie, dans le sens transversal, doit être dépistée et traitée avant l'âge de 6 ans (Deshayes, 2006).
- Une revue Cochrane a mis en évidence l'efficacité des traitements de l'occlusion inversée postérieure, lorsqu'ils sont conduits en période de denture mixte stable (8-10ans) (Agostino et coll., 2014).
- Fleming a montré une différence significative en faveur d'une thérapeutique débutée avant l'âge de 10 ans, en particulier pour le traitement d'une malocclusion localisée (occlusion inversée postérieure), comparée à une prise en charge thérapeutique plus tardive. Bien que les malocclusions et les dysmorphoses soient inévitablement différentes selon le caractère individuel

du patient, les bénéfices apportés par un traitement précoce sont visibles et comparables (Fleming, 2017).

Les thérapeutiques précoces agissent favorablement sur les structures maxillaires, de par leur origine embryologique et leurs caractéristiques tissulaires adaptatives. Elles permettent des modifications morphologiques et fonctionnelles importantes face à des stimulations adaptées. Différer ce traitement serait une perte de chance pour le patient (Tausche et coll., 2004).

- L'état de la suture palatine médiane

La suture intermaxillaire est considérée comme le zone d'action de correction transversale de l'occlusion et des dimensions maxillaires, avec pour principal objectif d'élargir le maxillaire en sollicitant la suture palatine médiane.

Melsen a étudié les variations histologiques et structurales de la suture intermaxillaire en fonction de l'âge. Il décrit trois stades de maturation : infantile (1 an), juvénile (10 ans) et adolescent (12,5 ans). Au cours du 3^{ème} stade, il observe la formation de nombreuses interdigitations entre les processus osseux limitant la séparation des deux segments maxillaires. Ce stade marque le seuil maximal de l'action orthopédique (Melsen, 1975) (figure 49).

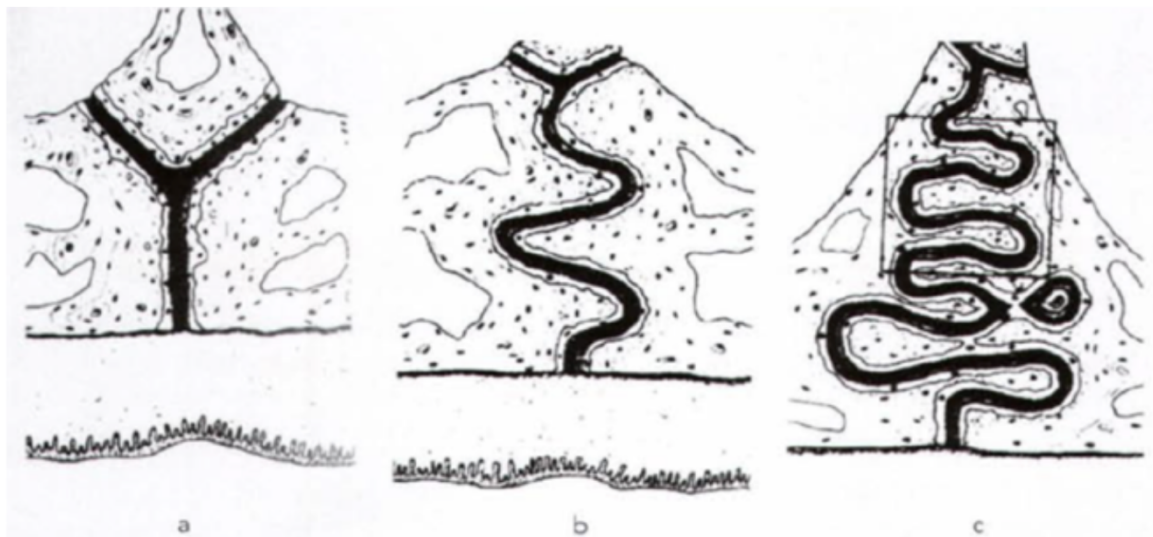


Figure 49 : Les variations de la suture palatine médiane en fonction de l'âge (Source : Melsen, 1975)

A : stade infantile

B : stade juvénile, verticale et sinusoidale, laisse apparaitre des digitations qui constituent un clavetage, limitant le déplacement dans le sens transversal

C : stade adolescent

L'étude de l'histologie de la suture, et sa variabilité inter-individuelle, ont permis d'écarter la théorie de la synostose complète de la suture palatine avec l'âge (Garrec et coll., 2017).

Avec l'avènement de l'imagerie tridimensionnelle, le CBCT permet une analyse fiable et précise de l'état de la suture et des effets de l'expansion sur le maxillaire (bien que la résolution reste moindre pour visualiser les détails anatomiques les plus fins).

Selon Korbmacher l'utilisation du CBCT permet d'évaluer la densité osseuse, seul paramètre lié à l'âge qui pourrait prédire le succès de la disjonction intermaxillaire (Korbmacher et coll., 2007).

En effet, une intervention la plus précoce possible permet de bénéficier d'un potentiel de réponse maximale de la suture palatine, autorisant ainsi l'utilisation d'une thérapeutique associée à des forces douces (Boileau, 2012).

3.2.2. Caractéristiques propres à l'enfant

- Comportement de l'enfant

Le comportement et la motivation de l'enfant sont en relation étroite avec le succès thérapeutique.

La gêne ressentie pour un enfant présentant une anomalie du sens transversal étant moindre, la démarche de prise en charge orthodontique vient majoritairement du dentiste traitant. Le sujet jeune n'est pas toujours en mesure de comprendre l'intérêt et la nécessité réelle du traitement.

D'après Davis, un comportement non-observant d'un patient est lié à une relation de soin patient-praticien pernicieuse. En effet, lors de la consultation il est préférable pour le praticien d'être suggestif plutôt que directif. La participation active du jeune patient dans le raisonnement est intéressante pour susciter sa motivation.

Le contexte relationnel entre le patient et le praticien, et la qualité de la communication sont des facteurs déterminants de l'observance et de la coopération de l'enfant, plus que les caractères qui lui sont propres (âge, sexe, ethnie, catégorie socio-professionnelle) (Lutfey, 2005 ; Grimaldi, 2008).

Le traitement précoce, chez les jeunes enfants, doit être réalisée dans des conditions favorables, et nécessite de ce fait la coopération du patient, à un moment où la perception qu'ils ont d'eux même n'est pas centrée sur leur image (Johnson et coll., 1998 ; Dann et coll., 1995).

La motivation de l'enfant est essentielle puisque sa participation active est indispensable pour la réussite du traitement.

- Degré de maturité et de compréhension de l'enfant

À 4 ans, l'enfant maîtrise le langage, il est apte à dialoguer ; mais ce n'est qu'à partir de 7 ans qu'il développe une pensée « logique ».

« L'information de l'enfant doit se faire en tenant compte de sa maturité... » (HAS, 2011).

En effet, les informations données doivent s'adapter à l'âge de l'enfant, et à son niveau de compréhension, pour faciliter le bon déroulement du traitement.

Le praticien doit évaluer la capacité de discernement de l'enfant, et sa maturité psychologique, afin d'anticiper son attitude, et son aptitude à comprendre et à adhérer à la thérapeutique.

D'après les recommandations de la HAS (Haute Autorité de Santé), le praticien doit rechercher le consentement éclairé de l'enfant, même s'il n'a pas, d'un point de vue légal, la même valeur que celui de ses tuteurs légaux.

Bien que la malocclusion n'affecte pas l'image globale de son corps, l'enfant a néanmoins conscience qu'elle modifie l'aspect de son visage, de ses dents et de sa bouche. La prise en charge précoce de la malocclusion et des dysfonctions oro-faciales, peut améliorer l'estime de soi chez l'enfant, et faciliter les habitudes de vie quotidienne.

De Baets (2001) remarque que certains enfants vont avoir tendance à se plaindre d'une malocclusion mineure, tandis que d'autres, qui présentent un désordre sévère, ne s'en plaignent pas.

Un enfant est prêt à débiter un traitement lorsque :

- Il a conscience de sa malocclusion
- Il comprend comment, et de quelle manière s'articule le traitement
- Il sait que sa participation active est primordiale

3.2.3. Sévérité des signes cliniques

La sévérité des signes cliniques est l'un des critères principaux dans le choix de la thérapeutique des anomalies du sens transversal.

Selon Raberin, une anomalie transversale légère en début de denture mixte, peut être traitée par éducation fonctionnelle. Tandis que, dans le cas d'une dysmorphose transversale plus sévère chez un enfant en fin de denture mixte, le choix thérapeutique s'oriente vers une action orthopédique rapide par disjonction maxillaire associée à des forces plus importantes (Raberin, 2001).

Les anomalies de la dimension transversale peuvent jouer un rôle dans les mécanismes étiopathogéniques de certaines dysmorphoses et malocclusions du sens vertical et antéro-postérieur (Boileau, 2012).

La multiplicité des anomalies rend le cas plus complexe, obligeant un traitement long et lourd.

Une anomalie du sens transversal doit donc être diagnostiquée et interceptée précocement, avant les anomalies sagittales et verticales, de manière entre autres à éviter toute répercussion basale mandibulaire, plus difficile à traiter.

Bien qu'un traitement précoce ait un but interceptif, différents critères de choix sont à prendre en compte avant de débiter la thérapeutique. Il faut parfois savoir reporter le début du traitement lorsque les facteurs psychologiques, psychomoteurs, psychosociaux ou l'hygiène bucco-dentaire, ne sont pas favorables. Ces éléments défavorables aboutissent à un échec probable, les conséquences peuvent être plus délétères que l'absence de traitement.

3.3. La thérapeutique préventive et interceptrice

La prévention et l'interception ont des objectifs étroitement liés (Boileau, 2012) :

- S'assurer des conditions anatomo-fonctionnelles du contexte oro-facial et stimuler la croissance du système stomatognathique sous l'influence de comportements neuromusculaires physiologiques.
- Corriger précocement les anomalies basales et alvéolaires afin d'espérer une mise en place spontanée et optimale de la denture.

L'éducation fonctionnelle, au stade de denture temporaire, chez les enfants âgés de 4 à 6 ans, est considérée comme un traitement précoce d'interception (éviter l'apparition d'une dysmorphose). Au stade de denture mixte, entre 8 et 11 ans, c'est un traitement d'interception (éviter l'aggravation d'une dysmorphose) (Boileau, 2011).

3.3.1. La thérapeutique préventive

Par définition, la prévention consiste à empêcher la survenue d'une anomalie, en supprimant tous les facteurs anatomiques et fonctionnels pouvant en être la cause.

Pour Château, la prévention a pour objectif d'éliminer les causes pathogènes responsables de dysmorphoses (Château, 1993).

Actuellement, dans les services de néonatalogie, on encourage la stimulation de l'oralité par la succion nutritive (allaitement maternel) et la succion non nutritive (tétine) chez les nouveau-nés, pour faciliter *a posteriori* l'alimentation orale. En effet, il a été montré que la fonction de succion accélère les capacités d'alimentation orale (Arvedson et coll., 2010) ; elle pourrait influencer sur le bon développement du palais à terme, et être considérée comme facteur protecteur de déformation du palais.

- Conditions anatomo-physiologiques

Seules des conditions anatomo-physiologiques favorables autorisent le bon développement de la posture céphalique et de la croissance cranio-faciale. Il est nécessaire de vérifier dès le plus jeune âge :

- L'absence d'obstacle à la ventilation nasale chez un spécialiste ORL ;
- L'absence d'un frein court ou d'une ankyloglossie, qui maintiendrait la langue en position basse et limiterait sa mobilité.

D'après Fournier (1991), le frein lingual doit autoriser une élévation de la langue telle que l'apex puisse toucher la papille rétro-incisive pour une ouverture buccale de 4 cm.

- Mesures préventives autorisant la mise en place de comportements neuromusculaires et fonctionnels normaux, du nourrisson à la petite enfance

Pour Rollet, la prévention la plus efficace chez le nourrisson et le jeune enfant, est l'information parentale (Rollet, 2015).

⇒ Comportements alimentaires

L'allaitement est recommandé jusqu'à l'âge de 2 ans (OMS). C'est un moyen de prévention contre la mise en place d'une respiration buccale, et permet un développement physiologique de la mandibule avec des mouvements actifs de propulsion mandibulaire responsable de la croissance des cartilages condyliens (apposition osseuse).

- ◇ L'allaitement stimule l'activité de la musculature péri-orale :
 - Muscles labiaux pour assurer l'herméticité buccale ;
 - Muscles élévateurs et abaisseurs de la mandibule pour permettre les mouvements de propulsion mandibulaire ;
 - Muscles jugaux et linguaux assurant le phénomène de succion-déglutition.
- ◇ Privilégier une position à 90° entre le sein et la tête du bébé au cours de l'allaitement (favorise une croissance mandibulaire normale).

- ◇ L'allaitement maternel limite les risques de développement d'une déglutition atypique et d'interposition linguale.
- ◇ Chateau précise qu'en 1925, Robin fût l'un des précurseurs à recommander une « tétée orthostatique » afin de stimuler la croissance mandibulaire (Château, 1993).

Limme explique que « les fonctions d'alimentation ont un rôle majeur dans le développement des bases osseuses maxillaire et mandibulaire et des structures dentaires. » Dès la naissance, l'allaitement au sein constitue une matrice fonctionnelle puissante pour favoriser la croissance cranio-faciale, par les mouvements répétitifs de propulsion mandibulaire » (Limme, 2006).

Bien que l'allaitement joue un rôle dans la croissance mandibulaire, l'appareil masticateur ne remplit pas intégralement sa fonction physiologique.

Il est donc nécessaire, lors de l'évolution de la denture temporaire, d'introduire progressivement une alimentation dure pour favoriser la fonction masticatoire avec la mise en place des mouvements de latéralité, et l'abandon de la fonction de « succion-déglutition », favorisant le développement transversal du maxillaire et de la mandibule. C'est avec l'apparition des premières molaires temporaires (environ 1 an), que s'installe la relation d'intercuspidie, permettant à la fonction masticatoire de se développer.

Une alimentation molle n'est pas propice à la mise en place d'une mastication fonctionnelle. La fonction masticatoire, insuffisante, limite alors l'usure dentaire et favorise l'apparition d'une occlusion inversée postérieure plus ou moins associée à un latérogissement mandibulaire (Limme, 2002).

La prévention de l'apparition d'une occlusion inversée postérieure en denture adulte, peut être réalisée en supprimant les prématurités occlusales en denture temporaire par meulages sélectifs (Agostino et coll., 2014).

Selon Limme (Limme, 2002), une campagne de prévention concernant les comportements alimentaires devrait être réalisée, afin de prévenir les dysmorphoses et les malocclusions potentielles :

- ◇ Un allaitement au sein prolongé
- ◇ La mise en place d'une alimentation non ramollie et variée, dès l'apparition des premières dents temporaires
- ◇ Encourager la fonction de morsure
- ◇ Un contrôle avisé de la mastication unilatérale alternée
- ◇ Vérifier l'attrition symétrique naturelle des dents (en particulier des canines temporaires maxillaires)

Selon Ahlgren, des perturbations du cycle masticateur peuvent expliquer la présence d'une occlusion inversée postérieure, liée à des mouvements majoritairement verticaux et ipsilatéraux. Dans le cas d'une occlusion inversée postérieure associée à une latérodéviation mandibulaire d'origine fonctionnelle, la mastication est unilatérale et s'effectue principalement du côté de la déviation, avec une activité musculaire intense. Cette dysfonction pathologique entretient et aggrave la malocclusion (Ahlgren et Öwall, 1970).

Une mastication unilatérale habituelle est diagnostiquée par la mesure des AFMP (le côté préférentiel étant celui où l'angle se rapproche de l'horizontalité).

Pour Planas (2006), l'absence de mastication bilatérale doit être impérativement traitée, après la normalisation de la dimension transversale (Planas et coll., 2006).

⇒ Ventilation

Seule la ventilation nasale exclusive est physiologique et eumorphique ; ce comportement ventilatoire doit être effectif à l'âge de 4-5 ans, et maintenu à long terme (Patti et Perrier D'Arc, 2003).

- ◇ L'hygiène nasale, le lavage de nez, est primordiale pour éliminer les impuretés obstruant les cavités nasales
- ◇ Les habitudes de mouchage sont à mettre œuvre précocement (mouche-bébé, apprentissage du mouchage chez l'enfant)

- ◇ Apprendre à l'enfant à fermer la bouche et maintenir la langue à l'intérieur de la cavité orale
- ◇ Expliquer à l'enfant les mécanismes d'inspiration et d'expiration, en alternant les narines
- ◇ Le massage des ailes du nez peut être indiqué pour stimuler le réflexe narinaire

⇒ La position céphalique

- ◇ La position du nourrisson au coucher est particulièrement importante puisqu'elle influence la forme cranio-faciale :
 - La position dorsale, tête en flexion, favorise le développement d'une classe II squelettique, tandis que la tête en extension entretient le développement d'une classe III squelettique.
 - La position ventrale privilégie la respiration buccale.
 - La position latérale alternée est recommandée
- ◇ La position de sommeil peut être la cause de déséquilibre musculaire chez l'enfant :
 - La position ventrale s'accompagne d'une hyperextension du complexe tête et cou
 - La position dorsale est souvent associée à une ventilation orale
 - Une position latérale, avec un oreiller imposant sous la nuque, peut provoquer, à terme, une tension musculaire asymétrique au niveau des différents groupes musculaires.
 - Il faut veiller à ce que l'enfant n'adopte pas toujours la même position de sommeil

⇒ Les praxies linguales

L'ankyloglossie doit être diagnostiquée très tôt chez le nouveau-né. Cette pathologie entraîne des difficultés à la déglutition (fuites de lait), à l'alimentation, qui peuvent affecter la prise de poids chez le nourrisson, et *in fine* diminuer la production de lait maternel (Jamani et coll., 2020).

Le rôle de la langue dans le développement des maxillaires étant primordial, un frein court qui maintient la langue accolée au plancher de bouche, favorise le développement sagittal en excès de la mandibule, et/ou le développement transversal insuffisant du maxillaire (Jang et coll., 2011).

Dans ces deux cas, l'indication de freinectomie est justifiée, pour réhabiliter les fonctions de la langue. La freinectomie est un acte chirurgical qui consiste en l'excision totale du frein. Elle peut être réalisée à la lame froide, ou au laser (Devishree et coll., 2012).

⇒ Limiter l'usage des sucettes qui favorisent la langue en position basse.

⇒ Inflammations/infections

La prévention et le traitement des infections ou des inflammations des voies aériennes supérieures limitent le risque d'obstruction nasale, cause majeure de ventilation buccale.

Dans les cas où la ventilation nasale est impossible, l'enfant est adressé chez un spécialiste ORL. L'amygdalectomie et l'adénoïdectomie, en pédiatrie, sont indiquées en cas d'hypertrophies des amygdales palatines/végétations adénoïdes, associées à des troubles respiratoires fonctionnels de l'éveil et du sommeil (SAHOS), des troubles de la déglutition, de la phonation et d'angines récidivantes.

3.3.2. La thérapeutique interceptrice

L'interception limite l'évolution des dysmorphoses et des malocclusions partiellement installées, en supprimant en partie ou en totalité les facteurs étiologiques, afin de permettre à la croissance de s'exprimer sans contrainte. L'éducation neuromusculaire active et passive, ainsi que les dispositifs de correction orthopédique et dento-alvéolaire, s'intègrent dans la thérapeutique interceptrice précoce.

Pour Rollet, il est essentiel « d'interrompre la cascade dysfonctionnelle et dysmorphogénétique » pour limiter la sévérité des signes cliniques (Rollet, 2015).

- Les meulages sélectifs

L'occlusion inversée postérieure peut être associée à une latérodéviation mandibulaire d'origine fonctionnelle. Pour Planas, une asymétrie des AFMP est marquée par un manque d'attrition, lié à une mastication unilatérale habituelle (Planas et coll., 2006).

Selon Slavicek, la prise en charge de la latérodéviation fonctionnelle en denture mixte est bénéfique, puisque les ATM présentent un fort potentiel d'adaptation (Slavicek, 2011).

La symétrie musculaire et la rééducation du fonctionnement masticatoire bilatéral, permettent le recentrage des condyles au sein des cavités glénoïdes, le repositionnement de la mandibule en position d'intercuspidie maximale, et le redressement du plan occlusal. Cette symétrisation est rendue possible par les meulages sélectifs de Planas, lors de dépistages précoces.

L'objectif du meulage sur dents temporaires insuffisamment abrasées est de supprimer les interférences occlusales, favorisant la mise en place d'une latérodéviation mandibulaire. Ce choix thérapeutique est indiqué dans les cas d'interférences légères et très localisées (McNamara, 2000).

Les contacts prématurés, du côté travaillant ou du côté non travaillant, sont marqués à l'aide d'un papier d'occlusion. La suppression de ces contacts déflecteurs provoque une sensation de confort immédiate chez l'enfant (figure 50).

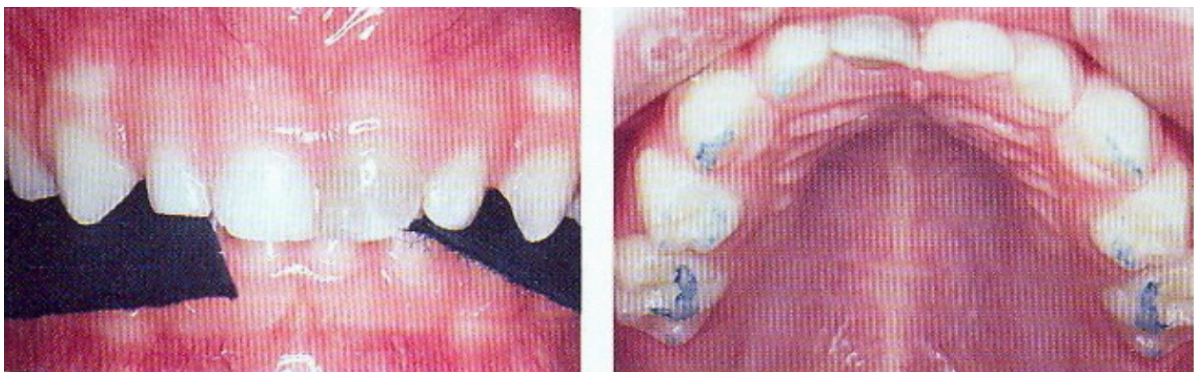


Figure 50 : prématurités marquées à l'aide d'un papier d'occlusion de 200 micromètres (Source : Fellus, 2005)

Cette correction occlusale n'est recommandée que dans les cas où la dimension transversale du maxillaire est égale ou légèrement inférieure à la largeur de la mandibule (Kisling, 1981), ou bien en première intention dans les cas plus sévères.

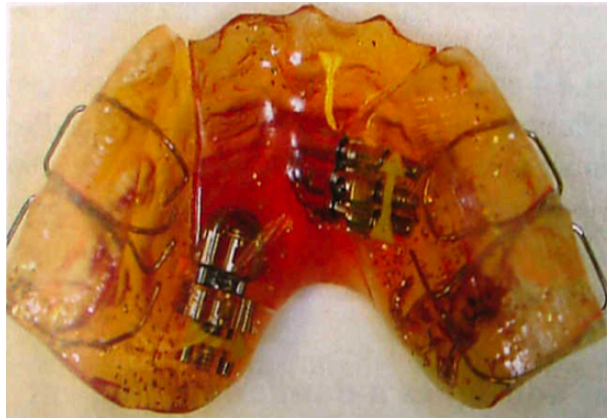
Les meulages sur dents temporaires sont réalisés du côté opposé à l'occlusion inversée postérieure. La suppression du contact déflecteur (dans la majorité des cas sur les canines temporaires ou les molaires temporaires) plus ou moins associée à l'expansion transversale maxillaire, sont suffisantes pour obtenir un recentrage mandibulaire stabilisé par l'engrènement optimal des cuspides.

⇒ Traitement par plaques à pistes de Planas

Dans le cas où les meulages nécessaires sont trop importants, on peut obtenir ce recentrage en utilisant le concept de réhabilitation neuro-occlusal par (Planas et coll., 2006) :

- Les pistes directes en composites ; elles sont réalisées par adjonction de résine composite sur les canines et les cuspides vestibulaires des molaires, du côté croisé. Le côté opposé devient alors fonctionnel et sollicite la propulsion du condyle homolatéral. La normalisation de la fonction masticatoire par mouvements alternés, ainsi que le recentrage mandibulaire, s'effectuent par élimination progressive des pistes en composites.
- Les pistes indirectes par plaques ; elles sont indiquées dès lors que les pistes directes en composites sont jugées trop importantes. Les plaques à pistes indirectes ont pour objectif la réhabilitation de la fonction masticatoire bilatérale, l'installation d'un plan occlusal physiologique, et l'expansion transversale du maxillaire. Cette orthèse s'apparente sous la forme de deux plaques (maxillaire et mandibulaire) qui fonctionnent par paire. Chacune comporte une piste de rodage avec un vérin central. Des bourrelets sont adjoints pour surélever le plan occlusal. Les pistes entrent en contact dès lors que le patient ferme la bouche. Ainsi, l'occlusion inversée postérieure n'intervient plus dans le décalage par glissement de la mandibule, lui autorisant des mouvements bilatéraux au cours

de la fonction masticatoire. L'appareil doit être porté jour et nuit, sauf au cours du repas et du brossage (figure 51).



*Figure 51 : plaque palatine équipée de pistes indirectes de désocclusion totale et de deux vérins à action de distalisation
(Source : M-J Deshayes)*

- L'éducation fonctionnelle

On distingue deux types d'éducation fonctionnelle (Boileau, 2011) :

- L'éducation neuromusculaire active
- L'éducation neuromusculaire passive

Ces thérapeutiques se complètent, se succèdent, et s'imbriquent (Soulet, 1989).

L'éducation fonctionnelle et comportementale, peut dans les cas simples, suffire à traiter la malocclusion ou la dysmorphose, et dans les cas complexes, réduire la difficulté du traitement orthodontique ultérieur (Rollet, 2001).

- ❖ L'éducation neuromusculaire active (Soulet, 1989)

Les étapes de l'éducation neuromusculaire active reposent sur :

- La normalisation des fonctions
- La suppression des parafunctions

La correction des dysfonctions et parafonctions fait appel au psychisme de l'enfant ; elle est réalisée au cours de la période de latence, entre 6 et 10 ans. Il faut néanmoins prendre en considération la maturation et la motivation du jeune patient. L'acquisition des nouveaux circuits fonctionnels ne peut se faire qu'en présence de conditions favorables.

⇒ La normalisation des fonctions

Les fonctions oro-faciales modèlent progressivement les structures osseuses. Tout dysfonctionnement est à l'origine d'une dysmorphose.

L'éducation neuromusculaire active, ou myothérapie fonctionnelle, vise à rétablir l'harmonie du développement en supprimant les perturbateurs de la croissance.

Selon Gugino « pour porter à son maximum la réussite de la thérapeutique, il doit exister un équilibre entre forme et fonction » (Gugino et Dus, 2000).

Dans le concept « bio-progressif » on appelle cela le déverrouillage forme-fonction : l'évolution du comportement du patient améliore la qualité des fonctions, et permet une modification de la forme.

Pour Soulet, l'éducation neuromusculaire active consiste à modifier une habitude fonctionnelle perturbée en sollicitant les capacités psychiques de l'enfant (Soulet, 1989)

Cela requiert une prise de conscience du jeune patient entre la fonction pathologique, pernicieuse, et la fonction physiologique, efficiente et plus économique en énergie.

La mise en fonction de ce « nouveau » comportement est permis par l'engrammation, au niveau de l'encéphale, de ce nouveau circuit, qui deviendra par la suite automatisé. L'éducation des fonctions repose sur une participation active et la volonté de l'enfant, qui est l'acteur principal de son traitement. Cela demande apprentissage, mémoire et entraînements.

Au préalable, l'absence d'obstacles anatomiques doit être vérifiée, et un contexte favorable et permissif est nécessaire avant d'entreprendre une modification des activités motrices habituelles (freinectomie en cas de brièveté du frein lingual, ablation des végétations adénoïdes/amygdales palatines hypertrophiées ou infectées, redressement de la cloison nasale).

D'après Soulet et repris par Boileau, il est possible de débiter la myothérapie fonctionnelle à l'âge de 8 ou 9 ans, selon la maturité psycho-affective et psychomotrice de l'enfant, et le degré d'évolution physiologique des fonctions (Boileau, 2011).

Selon Chateau, il est difficile d'intervenir avant l'âge de 10 ans puisque ce travail requiert une participation active de l'enfant (Château, 1993).

L'éducation fonctionnelle doit être réalisée selon les lois de la hiérarchie des fonctions ; elle détermine l'ordre thérapeutique à suivre (figure 52).



Figure 52 : hiérarchisation des fonctions de la sphère oro-faciale selon leur caractère prioritaire (Source : Thèse « Interception des dysfonctions et parafunctions chez l'enfant : rôle de l'orthodontiste », 2018).

Une coopération pluridisciplinaire est souvent nécessaire. La variabilité des facteurs étiopathogéniques et leurs répercussions sur la sphère oro-faciale exigent l'intervention de différentes spécialités : l'orthophoniste, le kinésithérapeute, le pédiatre, l'ostéopathe, l'ORL.

Selon Courty et Bardet, cités par Raberin, l'obtention d'un joint labial et le rétablissement d'une ventilation nasale stricte ne pourront être obtenus qu'après réalisation des étapes suivantes (Raberin, 2001) :

- La reprise du réflexe narinaire,
- L'apprentissage de la respiration diaphragmatique,
- La disparition des phénomènes inflammatoires des muqueuses pharyngées,
- Le relâchement du voile,
- La récupération d'un contact labial relâché

La réalisation de séries d'exercices répétées permet de faire prendre conscience à l'enfant qu'il réalise des gestes inadaptés, et d'automatiser ces acquis.

Exemple de l'exercice de l'élastique qui permet (figure 53) :

- ◇ Le repositionnement de la langue dans la cavité buccale
- ◇ Rétablir la ventilation nasale



Figure 53 : l'élastique placé sur l'apex de la langue modifie la perception linguale au cours des différentes fonctions (Source : Soulet, 1989)

⇒ La suppression des parafunctions

La sévérité et l'implication des parafunctions dans le développement d'anomalies morphologiques, est étudiée selon l'âge, le stade de développement affectif, le contexte familial et individuel de l'enfant.

Parmi les parafunctions on considère : la succion digitale, la tétée d'un linge ou d'un objet, le tic de mordillement de la lèvre inférieure ou supérieure, le bruxisme, l'onychophagie, et d'autres variantes. La succion du pouce est la plus fréquente, et sans doute l'habitude la plus déformante.

La succion du pouce au cours des deux premières années de vie est un comportement normal. En âge préscolaire (2 à 5 ans), la succion digitale à l'endormissement est tolérée. À 6 ans, l'enfant est conscient de ses actes, et la persistance d'une succion, au cours de cette période, est considérée comme un signe d'immaturité, d'un comportement émotif, d'un manque affectif, d'un besoin de protection ou de sécurité,

ou d'un désir inconscient de s'attarder au stade de la petite enfance (Bassigny et Canal, 1991).

L'arrêt des parafunctions doit être évaluée au cas par cas, sans engendrer davantage de dommages psychologiques que de bénéfices apportés pour le traitement.

Cette thérapeutique globale, qui comprend l'éducation et le maintien dans le temps des habitudes fonctionnelles physiologiques, est indispensable avant de commencer toute autre thérapeutique orthopédique ou orthodontique. Dans ce cas, les corrections apportées par les appareillages seraient réduites à néant sous l'effet de dysfonctions récidivantes.

Dans le cas des occlusions inversées postérieures, la rééducation des fonctions doit être réalisée de façon concomitante avec la pose d'appareillage, afin d'obtenir un équilibre neuromusculaire.

❖ L'éducation neuromusculaire passive

L'éducation neuromusculaire passive a pour principe de guider favorablement la croissance en supprimant les contraintes, et permettre ainsi le déverrouillage des arcades dentaires.

Le but est de modifier la fonction et successivement la forme, sous condition d'un potentiel de croissance suffisant (Langlade, 1978).

Elle concerne donc les enfants âgés entre 4 et 11 ans (avant le pic pubertaire).

Chez certains enfants, les résultats de l'éducation neuromusculaire active sont majorés en association avec un appareil éducatif fonctionnel.

Plusieurs types d'appareils existent pour corriger ces comportements dysfonctionnels. Dans le cas des dispositifs intra buccaux amovibles, le résultat thérapeutique est dépendant de la coopération du patient ; l'enfant peut retirer l'appareil facilement et ainsi ralentir le traitement.

Les dispositifs intra buccaux fixes présentent l'avantage de ne pas pouvoir être retirés par l'enfant. Bien que le patient ressente une gêne à la pose, les appareils fixes sont plus efficaces que les appareils amovibles en termes de durée de traitement (Bishara et Larsson, 2007).

Leurs indications se distinguent selon l'âge du patient et la déformation à corriger.

Les appareils sont considérés comme des moyens mnémotechniques : ils ne transmettent aucune force sur les dents mais ils aident à repositionner les lèvres et la langue et favorisent la ventilation nasale (Rollet, 2001).

⇒ Les appareils de rééducation fonctionnelle

- La gouttière d'éducation fonctionnelle (Boileau, 2011 ; Rollet, 2001)

La gouttière d'éducation fonctionnelle est un appareil amovible, de forme standard, monobloc, souple, et en silicone ou PVC (figure 54).



Figure 54 : gouttière d'éducation fonctionnelle (Source : Dr P.Prestat, 2021)

Elle s'adapte facilement et ne crée aucune douleur ou traumatisme.

Elle a pour but de rétablir des comportements fonctionnels : une ventilation nasale stricte est imposée par l'écran vestibulaire, et la langue est guidée vers le haut par la languette de repositionnement.

L'appareil permet d'équilibrer les forces centripètes et centrifuges qui s'exercent sur les arcades dentaires.

Une légère expansion maxillaire est ainsi autorisée suite à la suppression des contraintes.

- L'enveloppe linguale nocturne (ELN)

L'ELN a été créé par Bonnet, et porte également le nom de toboggan-tunnel à langue nocturne (Bonnet, 1992) (figure 55).

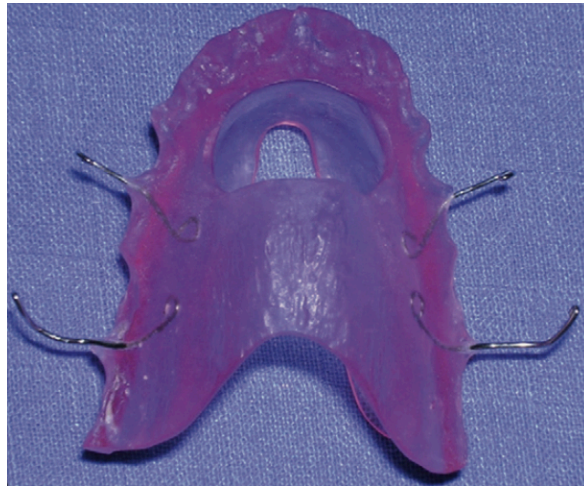


Figure 55 : enveloppe linguale nocturne (ELN), composé d'une ouverture sélective antérieure pour la langue (Source : Boileau, 2012)

Ce dispositif amovible et rigide permet la rééducation de la fonction linguale en position haute. Elle est bloquée par le toboggan antérieur et les parois latérales du tunnel, et privée de contact avec les lèvres et les joues. La langue est guidée dans l'ouverture sélective rétro-incisive (cible tactile), provoquant son élévation physiologique. Le stimulus neuromusculaire provoqué par l'ELN induit donc la correction de la position de la langue (Ciavarella et coll., 2010).

Le port de cet appareil diurne (une heure) et nocturne, favorise l'engrammation de ce nouveau comportement et *in fine* l'installation d'une déglutition mature.

Cet appareil n'est pas adapté pour corriger un déficit du sens transversal. Il est utilisé en contention, après une expansion transversale du maxillaire, afin d'éviter la récurrence.

- La grille anti-pouce
 - La grille anti-pouce fixe

Cet appareil est fixé par des bagues scellées sur les premières molaires permanentes ou les secondes molaires temporaires.

La grille prend appui sur les bagues molaires et se place en position rétro-incisive ; elle empêche la succion digitale.

C'est Haryett (1967) qui a mis en place pour la première fois la grille anti-pouce, dans le but d'aider l'enfant à cesser cette habitude de succion non nutritive (Borrie et coll., 2015).

Ce dispositif a été repris par Larsson (Larsson, 1972). Il existe aujourd'hui sous différentes formes (figure 56).



Figure 56 : grille anti-pouce scellée sur les premières molaires permanentes (Source : Dr. Tarrot)

- La grille anti-pouce amovible

Cet appareil peut être utilisé en complément de l'éducation neuromusculaire active pour contribuer à l'arrêt de la succion digitale, lorsque l'approche psychologique ne suffit pas.

La grille est fixée à une plaque amovible, elle bloque le passage du doigt, et est dessinée pour favoriser le bon positionnement de la langue (figure 57).

Cet appareil n'a pas d'action directe sur le sens transversal.



Figure 57 : photographie endo-buccale d'une grille anti-pouce amovible (Source : Dr. P.Prestat, 2021)

- La cage à langue

La cage à langue, ou grille anti-langue est un dispositif fixe constitué d'un écran lingual, soudé sur des bagues scellées sur les premières molaires permanentes ou deuxièmes molaires temporaires (figure 58).



Figure 58 : cage à langue fixe (Source : <https://www.orthodontisteenligne.com/ecran-oral-beances-anterieures-langue/>)

Bouche fermée, l'écran lingual fait barrière à la langue, empêchant l'interposition linguale. Ce dispositif permet de développer une habitude réflexe de repositionnement lingual en position haute physiologique. La grille anti-langue peut également être utilisée comme dispositif amovible, mais les résultats obtenus sont variables selon la coopération et la motivation de l'enfant.

Cet appareil, rigide, n'a aucune action de correction du déficit du sens transversal.

- La perle de Tucat

La perle de Tucat ou « bluegrass appliance » est un appareillage fixe ou amovible de rééducation fonctionnelle linguale.

L'appareil fixe est constitué de bagues scellées sur les premières molaires permanentes ou les secondes molaires temporaires prolongées par un fil qui comporte une perle mobile en téflon située au niveau de la papille rétro incisive, à l'endroit où doit se loger l'apex de la langue en position de repos.

Ce dispositif est ludique pour l'enfant ; il rééduque sa posture linguale en faisant rouler la perle autour de son axe. Dans la majorité des cas, c'est un appareil relativement bien supporté par les jeunes patients (Haskell et Mink, 1991).

Le perle de Tucat peut être associée à d'autres dispositifs orthodontiques tels que la plaque de Hawley ou le Quad-Hélix, afin de combiner l'action mécanique et la rééducation linguale (figure 59).



Figure 59 : perle de Tucat sur l'anse antérieure d'un Quad'hélix, permettant de rééduquer la fonction linguale (Source : Boileau, 2012)

- Les appareils d'expansion maxillaire et leurs effets sur la suture
 - ❖ Études récentes concernant l'efficacité des appareils orthodontiques

Par définition, la thérapeutique orthopédique mécanique agit sur les bases osseuses, et corrige, de ce fait, les dysmorphoses et les malocclusions, en profitant du potentiel de croissance physiologique.

En 2013, Kerosuo et coll. ont évalué les bénéfices apportés, sur le long terme, par une thérapeutique interceptrice précoce, sur des sujets âgés de 8 à 20 ans avec une occlusion inversée postérieure. Les auteurs ont montré que la prise en charge précoce avec un ou plusieurs appareils d'expansion, de type Quad hélix, pourrait réduire la nécessité certaine d'un traitement orthodontique secondaire de 37% à 8 ans, à 3% à 20 ans (Kerosuo et coll., 2013).

Lippold et coll. ont réalisé un essai clinique randomisé : un groupe contrôle (35 patients) et un groupe traité (31 patients), âgés de 7,3 ans en moyenne, au stade de fin de denture temporaire ou début de denture mixte, et porteurs d'une occlusion inversée postérieure unilatérale d'origine fonctionnelle. Les patients ont été suivi sur une durée de 1 ans (Lippold et al., 2013).

Le protocole de traitement a été réalisé en deux phases :

- ⇒ La phase initiale consiste en l'expansion maxillaire avec un disjoncteur (fixe) (figure 60) ;

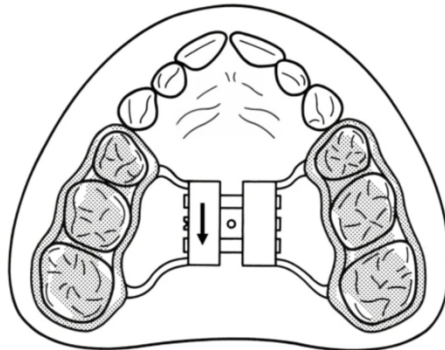


Figure 60 : Appareillage fixe d'expansion maxillaire de type disjoncteur HYRAX, utilisé au cours de la phase initiale de l'étude sur une durée de 16,2 semaines (Source : Lippold, 2013)

⇒ Suivi d'une phase de maintien par appareil amovible (U-bow activator) (figure 61).

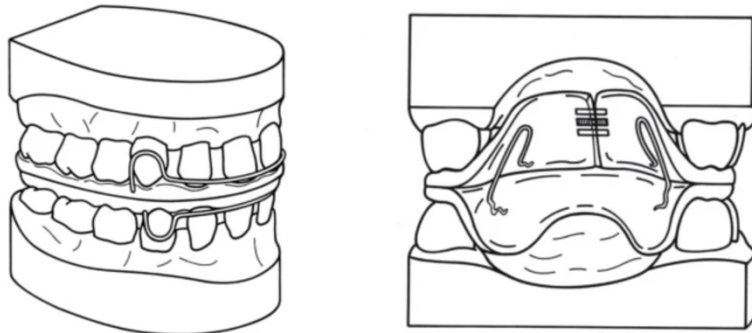


Figure 61 : Appareillage amovible double plaque associée à un vérin médian, de type activateur U-Bow selon Karwetzky, utilisé en seconde intention dans la phase de contention de l'expansion maxillaire et de correction des milieux inter-incisifs, sur une durée de 36,8 semaines. (Source : Lippold, 2013)

Des différences significatives ont été mises en évidence entre le groupe contrôle et le groupe en traitement concernant :

- La dimension transversale du maxillaire antérieure, postérieure et médiane
- La profondeur du palais
- Le périmètre d'arcade
- La déviation des médianes inter-incisives

En conclusion, les résultats permettent d'affirmer que la thérapeutique interceptrice précoce par dispositif fixe suivi d'un dispositif amovible chez des enfants présentant une occlusion inversée postérieure d'origine fonctionnelle, est efficace. Elle favorise un développement de la mandibule optimale dans les trois dimensions de l'espace, et permet la mise en place d'une occlusion fonctionnelle. La croissance cranio-faciale est guidée et stabilisée par les dispositifs orthodontiques successifs.

Le groupe témoin non traité permet de mettre en évidence les bénéfices du traitement orthodontique comparé aux effets de la croissance normale, en l'absence de thérapeutique interceptrice. Le groupe non traité initialement a reçu un traitement orthodontique à la fin de l'étude.

Dans une revue Cochrane éditée en 2011 et mise à jour en 2014, l'étude portant sur des essais cliniques contrôlés randomisés évalue les effets des traitements orthodontiques sur les occlusions inversées postérieures. Les auteurs ont inclus 15 études publiées entre 1984 et 2013, parmi lesquelles deux études (96 patients analysés au total), à faible risque de biais, ont comparé les effets de l'appareil fixe à l'appareil amovible. Les études ont sélectionné des enfants âgés de 8 à 10 ans, au stade de denture mixte précoce. Les résultats montrent que, les appareils fixes de type Quad hélix peuvent avoir une efficacité supérieure (20%) par rapport aux plaques d'expansion maxillaire amovible, pour corriger une occlusion inversée postérieure. Le résultat de l'expansion maxillaire par Quad-hélix peut atteindre 1,15mm de plus que la plaque amovible. Les résultats doivent néanmoins être interprétés avec prudence puisque les échantillons étaient de petites tailles, et les temps de suivi différaient selon les études (Agostino et coll., 2014).

Selon plusieurs études, l'expansion du maxillaire est un traitement dans le syndrome SAHOS de l'enfant, considéré comme un trouble fonctionnel et pathologique de la ventilation. Les études ont regroupé des enfants âgés de moins de 12 ans présentant un SAHOS diagnostiqué par polysomnographie. On observe une diminution significative des scores de l'index d'apnée-hypopnée après la thérapeutique interceptrice par disjonction intermaxillaire, et le maintien de ces résultats sur les comportements neuro-fonctionnels (Machado-Júnior et coll., 2016).

❖ Les appareils d'expansion maxillaire lente

⇒ La plaque palatine à vérin médian

Au stade de denture temporaire, la plaque palatine à vérin médian est l'appareil de choix.

La stimulation de la suture médiane palatine, permet l'étirement progressif de cette dernière et entraîne une disjonction lente du maxillaire, limitant les effets parasites observés dans les thérapeutiques d'expansion rapide (De Coster, 1996).

Ce dispositif permet donc de normaliser la dimension transversale du maxillaire, et ainsi corriger l'orientation des procès alvéolaires (palato-versé) et l'occlusion inversée postérieure associée.

Ce dispositif amovible est rétentif avec un système de crochets boules ou Adams sur les premières molaires (figure 62).

Le vérin médian doit être activé une à deux fois par semaine, à l'aide d'une clé spécifique. Suite à l'activation du vérin, une sensation de pression peut être ressentie pendant quelques minutes.

L'appareil doit être porté jusqu'à l'obtention d'une sur-correction de l'anomalie, et conservé en port nocturne au cours de la période de stabilisation.

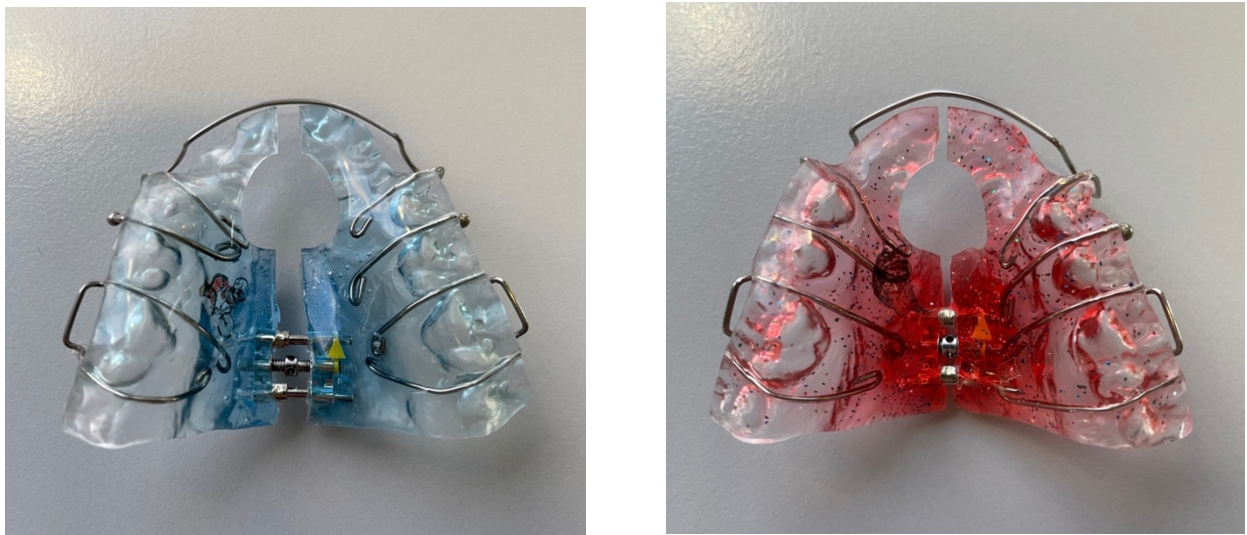


Figure 62 : Photographies de plaques palatines à vérin médian (Source : Dr. P.Prestat, 2021)

Bien que l'appareil amovible soit relativement bien toléré, les résultats sont dépendants de la coopération de l'enfant et du suivi des parents. La thérapeutique ne peut être efficace que si l'appareil est porté en permanence.

⇒ Le Quad Hélix

Le Quad Hélix est un dispositif fixe, conçu par Ricketts.

Il est décrit sous la forme d'une anse palatine antérieure, située au niveau de la limite postérieure de la papille rétro-incisive, comprend quatre boucles internes hélicoïdales (caractéristique du nom Quad Hélix), et deux bras latéraux, ajustés le long des collets, qui prennent appui sur la face palatine des canines pour amplifier l'action dento-alvéolaire (figure 63).



Figure 63 : photographie endobuccale en vue occlusale maxillaire d'un Quad Hélix sur fourreaux insérés dans les bagues scellées sur les premières molaires permanente (source : Cas clinique CHRU Nancy)

L'appareil est utilisé en période de denture mixte, scellé avec des bagues sur les premières molaires permanentes

D'après Le Gall, et cité par Boileau, il peut également être indiqué en denture temporaire ; dans ce cas le Quad Hélix sur gouttière scellée est fixé sur les canines, premières et deuxième molaires temporaires (Boileau, 2012).

Le Quad Hélix est indiqué uniquement si l'arrêt des parafunctions est effective ; il peut être associé à des auxiliaires d'éducation neuromusculaire passive, telle que la perle de Tucatu ou la grille anti-langue, pour contribuer à l'arrêt ou empêcher la récurrence de parafunctions et/ou dysfonctions.

La thérapeutique interceptrice précoce et l'utilisation de forces douces et continues, induit une expansion transversale maxillaire lente, et permet une adaptation des tissus mous, en respectant l'intégrité physiologique de la suture médiane palatine.

L'action du Quad Hélix peut être dento-alvéolaire ou basale selon l'âge du patient, la maturation de la suture palatine, la malocclusion et l'activation donnée. Un Quad Hélix utilisé sur un patient jeune peut avoir une action orthopédique ; *A contrario* un Quad Hélix utilisé chez un patient post-pubertaire (15-16 ans), et selon l'état de la suture palatine, le Quad Hélix aura une action uniquement dento-alvéolaire.

Plusieurs auteurs ont confirmé les effets squelettiques de l'expansion transversale du maxillaire du Quad Hélix, sur denture temporaire et denture mixte, ainsi que l'efficacité de cet appareillage dans le traitement des malocclusions inversées postérieures (Bell et Lecompte, 1981 ; Harrison et Ashby, 2001 ; Vinay et coll, 2013).

Pour avoir une action orthopédique, et stimuler la croissance transversale du maxillaire, il existe une valeur minimum des forces capables de mettre en tension les tissus suturaux intermaxillaires. L'activation d'emblée doit être suffisante pour dépasser les capacités d'adaptation élastique du parodonte et permettre l'ouverture de la suture palatine médiane (activation minimale de 6 mm) (Al-Ani, 2012).

Au stade de denture temporaire ou mixte, une activation maximale est préconisée dans le but de minimiser les mouvements alvéolo-dentaires au profit des mouvements orthopédiques (Bell et LeCompte, 1981).

Bien que le Quad Hélix ait une action orthopédique plus ou moins importante sur la suture palatine médiane, selon les études, les forces légères exprimées par cet appareillage semblent essentiellement provoquer un mouvement dento-alvéolaire (Vizzotto et coll., 2008).

L'activation du Quad Hélix est réalisée toutes les 6 semaines, avec la pince trois becs (Boileau, 2012) (figure 64) :

- La première activation par plicature de l'anse antérieure (emplacement 1), assure une expansion transversale postérieure, et provoque une rotation mésio-palatine des molaires d'ancrage.

- La seconde activation, par pincement des bras latéraux, entre les hélix (emplacement 2) assure une expansion transversale antérieure, et provoque une dérotation disto-palatine des molaires.

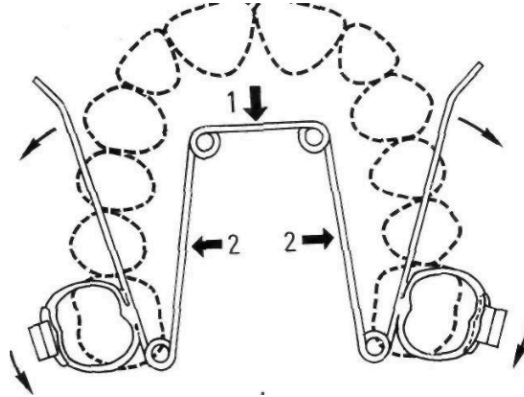


Figure 64 : schéma de l'activation du Quad Hélix (source : Bassigny, 1983)

1. 1^{ère} activation du Quad Hélix par plicature de l'anse antérieure
2. 2nd activation du Quad Hélix par pincement des bras

L'expansion maxillaire lente avec un Quad Hélix est recommandée chez les sujets pré-pubertaires, au stade de denture temporaire ou début de denture mixte, où l'utilisation de forces douces et physiologiques est suffisante. L'usage de forces plus importantes sur les sujets jeunes peut provoquer une déformation des structures cranio-faciales, et majoritairement dans la région nasale (Proffit et coll., 2013).

Selon l'étude de Franck et Engel, menée sur des enfants âgés de 10 ans et 3 mois, avec une occlusion inversée postérieure et ayant été traité par Quad Hélix, on peut observer un effet squelettique modéré qui provoquerait une augmentation moyenne de 0,8mm de la largeur nasale, mesuré sur la téléradiographie de face. Ces modifications anatomiques légères favorisent la perméabilité nasale et augmente le débit du flux aérien. En effet, l'amélioration de la ventilation nasale diurne est ainsi permise et facilitée dans 94% des cas (Frank et Engel, 1982 ; Raberin 2001).

⇒ Les limites thérapeutiques des appareillages d'expansion maxillaires lentes

Le Quad Hélix versus la plaque palatine à vérin

L'étude rétrospective de Erdinc et coll. a été réalisée chez des enfants au stade de denture mixte présentant une occlusion inversée postérieure, et traités par plaque palatine à vérin médian (groupe constitué de 13 patients), ou par Quad Hélix (groupe constitué de 14 patients). L'objectif de cette étude était de comparer la durée de traitement pour obtenir la même expansion, avec une plaque palatine amovible et un Quad hélix fixe.

Bien que l'occlusion inversée postérieure ait été corrigée post-traitement, avec les deux techniques d'expansion maxillaire lente, il en résulte que, la durée moyenne du traitement par plaque amovible est de 1,2 ans, alors qu'elle n'est que de 0,6 ans pour le Quad hélix (Erdinç et coll., 1999).

On peut conclure que le traitement d'expansion maxillaire est environ deux fois plus long suite à l'utilisation d'une plaque palatine à vérin médian, comparé au traitement par Quad Hélix.

L'expansion transversale du maxillaire réalisée par Quad Hélix est effective sur un laps de temps plus court, mais s'accompagnerait néanmoins de mouvements de versions molaires parasites, absent avec l'utilisation de la plaque palatine à vérin (Godoy et coll., 2011).

L'objectif de Petren et Bondemark était de comparer et d'évaluer l'efficacité des différentes techniques d'expansion transversale du maxillaire (en particulier le Quad Hélix et la plaque palatine à vérin médian), dans le traitement de l'occlusion inversée postérieure unilatérale, au stade de denture mixte, dans un essai clinique contrôlé et randomisé, regroupant 70 enfants.

Ils ont mis en évidence la supériorité thérapeutique du Quad Hélix comparé à la plaque palatine à vérin, en termes de taux de correction et de temps de traitement.

Le traitement par plaque palatine à vérin fût peu concluant pour un tiers des participants.

La distance transversale mesurée entre les cuspides mésio-palatine des molaires maxillaire (16-26), à 1 an, était de 4,6 mm pour le Quad Hélix, alors qu'elle n'était que de 3,5 mm pour la plaque palatine (Petrén et Bondemark, 2008).

Godoy et coll. ont réalisé un essai clinique dont le but était de comparer l'efficacité du Quad Hélix et de la plaque palatine, chez des enfants au stade de denture mixte, et présentant une occlusion inversée postérieure (Godoy et coll., 2011).

Les résultats de cette étude ont mis en évidence une durée de traitement plus longue et un coût majoré (lié à la perte des appareils amovibles et les coûts de laboratoires conséquents) dans le traitement par plaque palatine ; tandis que le nombre des complications était plus élevé dans le groupe de patients traités avec un Quad Hélix. L'efficacité des deux traitements n'a cependant pas montré de différence statistiquement significative.

Il est néanmoins essentiel de prendre en considération que, la coopération des jeunes patients est nécessaire, et directement liée au succès de la thérapeutique, dans le traitement par la plaque palatine lié à son caractère amovible.

❖ Le disjoncteur maxillaire, appareil d'expansion maxillaire rapide

Le disjoncteur maxillaire est un appareil fixe, scellé sur deux ou quatre bagues : sur les deuxièmes molaires temporaires (denture temporaire), ou les premières molaires permanentes et/ou les premières prémolaires (denture mixte).

Le dispositif comprend une vis d'expansion de type Hyrax, soudée aux bagues (figure 65).

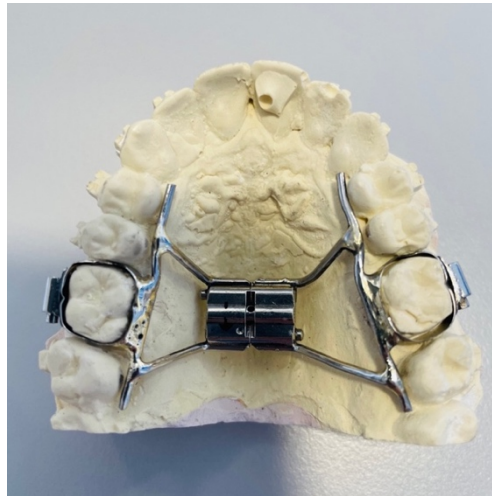


Figure 65 : photographie sur modèle en plâtre d'un disjoncteur Hyrax soudé sur les bagues scellées sur les premières molaires permanentes (Source : cas du Dr P.Prestat)

La disjonction maxillaire rapide (EMR) est une technique orthopédique : le disjoncteur exerce une action centripète qui entraîne la disjonction intermaxillaire, par l'étirement de la suture palatine, sous l'effet positif de son potentiel de croissance.

Lanzberger fut le premier à décrire radiologiquement l'ouverture de la suture intermaxillaire (Sorel, 2004).

L'EMR est indiquée pour la correction de dysmorphose maxillaire sévère (Boileau, 2012) de type endognathie maxillaire, en cas d'insuffisance respiratoire confirmée (ANAES, juin 2002). Dans les cas d'endognathie maxillaire, diagnostiquée à l'examen clinique et confirmé par les examens complémentaires, on retrouve souvent une occlusion inversée postérieure bilatérale.

Selon McNamara, la disjonction maxillaire rapide est indiquée dès lors que la distance inter-molaire, au début du stade de denture mixte, est inférieure à 30mm (McNamara, 2000).

La période pré et per-pubertaire est la plus favorable pour l'utilisation de l'EMR. Au stade juvénile, l'histologie de la suture palatine médiane se traduit par une forme verticale et sinusoïdale. Au stade adolescent apparaissent des interdigitations (Melsen, 1975), susceptibles de se fracturer sous l'action de l'EMR (Boileau, 2012).

Selon Boileau, le vérin est activé une semaine après la pose pour que l'enfant puisse s'habituer au dispositif. L'activation est ensuite réalisée quotidiennement, par les parents, un à deux quarts de tours par jour, en un ou deux temps selon l'adaptation du patient (Boileau, 2012).

Un suivi hebdomadaire est recommandé, jusqu'à l'expansion programmée.

La quantité d'expansion nécessaire est calculée à partir des modèles d'études initiaux. La dysharmonie du sens transversal (DST) par défaut maxillaire correspond à la différence entre la distance séparant les cuspidés mésio-palatines des premières molaires maxillaires (16-26) et la distance qui séparent les fosses des premières molaires mandibulaires (36-46). Une sur-correction de l'anomalie du sens transversal est recommandée afin d'anticiper les récurrences. D'après Couchat, certains auteurs préconisent une correction de près d'un tiers supplémentaire par rapport à l'expansion nécessaire (Couchat, 1997).

Généralement, on observe un espace entre les incisives maxillaires, signe de l'ouverture de la suture intermaxillaire (figure 66).



Figure 66 : Apparition d'un espace entre les incisives maxillaires, caractéristique de l'ouverture de la suture intermaxillaire, dans un cas traité par disjoncteur Hyrax (Source : Boileau, 2012)

Les effets squelettiques et dento-alvéolaires

L'EMR a des effets sur les structures cranio-faciale au niveau squelettique et dento-alvéolaire.

L'effet principal de la disjonction maxillaire rapide est l'expansion squelettique du maxillaire.

Elle peut être mise en évidence, par l'analyse de la suture palatine médiane, sur des coupes de CBCT (figure 67).

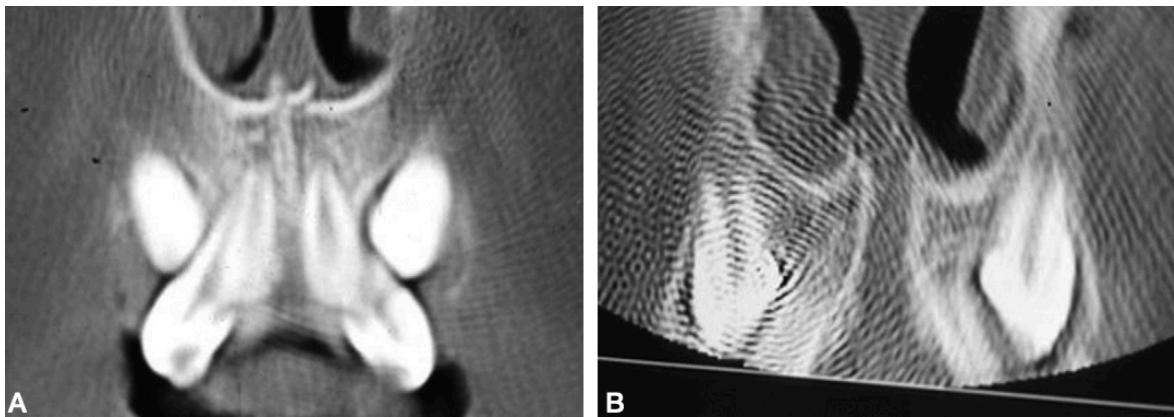


Figure 67 : coupes frontales de CBCT illustrant l'évolution de la suture intermaxillaire avant (gauche) et après (droite) EMR, chez un patient âgé de 9 ans (Source : Boileau, 2012)

A : coupe passant par les germes des canines avant EMR : suture intermaxillaire rectiligne

B : coupe similaire après EMR : ouverture importante de la suture intermaxillaire

Une étude menée par Garrett avait pour objectif d'évaluer quantitativement l'effet squelettique et l'effet alvéolaire après une disjonction maxillaire rapide. 30 patients âgés d'environ 13,8 ans ont été traité par appareillage Hyrax. Les résultats obtenus après EMR ont été analysés à partir de coupes de CBCT (Garrett et coll., 2008).

Les résultats permettent de conclure que, au niveau de la première molaire maxillaire, l'expansion squelettique représente 38% de l'expansion totale ; tandis que, au niveau de cette même région, il a mis en évidence que, l'expansion dento-alvéolaire représente 13% de l'expansion totale. Il identifie également 49% de vestibulo-version parasite des dents (figure 68).

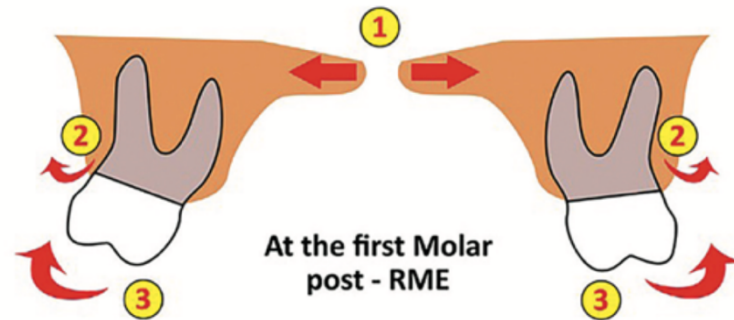


Figure 68 : Effet de l'EMR sur la première molaire maxillaire (Source : Garrett, 2008)

1. Effets squelettiques
2. Effets dento-alvéolaires
3. Vestibulo-version de la molaire

Une revue systématique de littérature récente (2018) a mis en évidence une perte du volume radiculaire significative, localisée au niveau des dents postérieures, après EMR (Lo Giudice et coll., 2018). Il existe en effet un risque accru de résorptions radiculaires des molaires d'ancrage, suite à une disjonction maxillaire rapide.

Selon Garrett, l'EMR provoque une disjonction triangulaire avec une base plus large dans la région antérieure (en vue occlusale), sous l'effet de la séparation des hémimaxillaires (figure 69). Ceci peut s'expliquer par le fait que l'expansion, au niveau du secteur postérieur, est limitée anatomiquement par les os malaires (Garrett et coll., 2008).

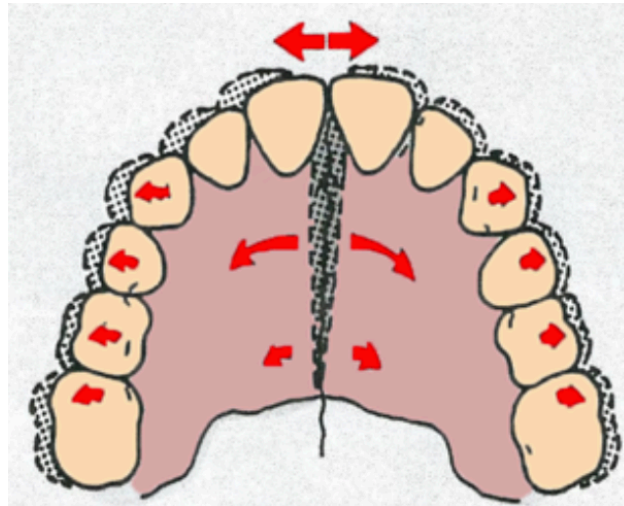


Figure 69 : Ouverture de la suture palatine sous forme de triangulaire à base élargie au niveau de la région antérieure
(Source : Garrett, 2008)

Pour Haas, la position basse de la langue, contrainte par la vis d'expansion Hyrax, entraîne une expansion directe sur le redressement des procès alvéolaires mandibulaires. En effet, les molaires mandibulaires, suivent l'orientation des molaires maxillaires dans leur inclinaison vestibulaire, permettant ainsi le déverrouillage de l'occlusion inversée (Haas, 1970).

Répercussions sur le plan fonctionnel

D'après les données théoriques sur la croissance cranio-faciale, le retentissement morphogénétique de l'expansion transversale du maxillaire a un impact considérable sur l'élargissement du plancher des fosses nasales, favorisant la perméabilité nasale par augmentation du volume d'air inspiré (Limme, 1993).

L'étude d'une analyse céphalométrique sur 100 cas, Haas a montré que l'expansion maxillaire rapide entraîne une augmentation de la largeur du plancher des fosses nasales et des bases maxillaires, améliorant la ventilation nasale physiologique (Haas, 1970).

Les effets de l'expansion maxillaire rapide ont été évalués dans une étude portant sur 38 sujets âgés en moyenne de 13 ans, et ayant bénéficié d'une disjonction maxillaire rapide. Les données ont été collectées pré, per et post traitement EMR. Une fois l'expansion maxillaire stabilisée, l'imagerie tridimensionnelle ainsi que la rhinométrie acoustique nous permettent d'observer une diminution de la résistance des voies nasales, une augmentation du volume des fosses nasales. 61,3% des participants ont noté une amélioration subjective de la ventilation nasale. Cette étude nous permet de conclure sur le succès thérapeutique de la disjonction maxillaire à moyen et long terme (Oliveira De Felipe et coll., 2008).

Une étude récente (2020), avait pour objectif de vérifier, à l'aide de l'imagerie tridimensionnelle (CBCT), l'effet de l'expansion maxillaire rapide sur les dimensions de la cavité nasale. 20 patients, âgés de 7 à 16 ans, présentant un déficit du maxillaire d'origine squelettique, et nécessitant une expansion maxillaire rapide, ont participé à l'étude. Les résultats de l'étude ont montré une augmentation significative, après une disjonction maxillaire rapide des dimensions internes de la cavité nasale, aussi bien dans les régions antérieures que postérieures.

Selon plusieurs études, la correction de l'occlusion inversée postérieure pourrait améliorer la fonction auditive, dans les cas de déficience auditives de transmission, et limiter la prévalence d'otites non infectieuse, par rétablissement des fonction protectrice et d'équilibre de la trompe d'Eustache (Ceylan et coll., 1996 ; Page, 1999).

3.4. Contention en prévention des récives

La période de contention post-expansion de la suture palatine médiane joue un rôle fondamental dans le traitement orthodontique, étant donné le caractère récidivant de l'expansion transversale maxillaire. Au cours de cette période, s'effectue l'ossification de la suture intermaxillaire ouverte. De plus, avec la maturation de suture palatine, des digitations apparaissent, limitant ainsi les possibilités de récidive.

La contention est assurée par un appareillage passif en bouche, fixe (Quad Hélix) ou amovible (plaque palatine) ; ils sont laissés en place sur une durée minimum de 3 mois afin d'obtenir une régénération de la suture palatine et stabiliser les segments maxillaires séparés.

La tension exercée par le tissu conjonctif distendu de la suture, et l'incapacité à produire spontanément un pont osseux stable dans l'espace « ouvert » sont les facteurs de risque d'une récurrence.

D'après les recherches de Herold et Stockfish, citées par Raberin, l'expansion au niveau de la distance inter-molaire est instable ; une récurrence à hauteur de 50 % de la correction initiale peut apparaître. En effet, leurs études ont montré que 45 % des expansions maxillaires récidivent après 5 ans de contention (Raberin, 2001).

L'étude de Ko et coll. a rapporté une augmentation moyenne de la distance inter-molaire de 6mm après expansion, dont 20% (1,2mm) de la correction a récidivé. Une différence significative du caractère récidivant de l'anomalie a été mise en évidence entre le groupe d'expansion rapide du maxillaire versus le groupe d'expansion lente du maxillaire (6%). En effet, les auteurs ont remarqué une récurrence majorée dans le groupe ayant été traité avec une expansion maxillaire rapide, comparé aux patients traités par expansion maxillaire lente (Ko et Lim, 2004).

De même, Cotton a noté un résultat plus stable de l'expansion maxillaire avec un traitement d'expansion lente. Bien que, l'effet orthopédique soit moindre comparé à l'expansion maxillaire rapide (Cotton, 1978).

La pérennité des résultats, la stabilité de l'occlusion et de la dimension transversale, sont néanmoins dépendantes de la qualité de la rééducation neuromusculaire, et du maintien de l'activité physiologique des fonctions oro-faciales (ventilation nasale stricte, position haute de la langue, mastication unilatérale alternée, déglutition mature) (Fourquet et coll., 2014).

3.5. Pronostic

3.5.1. Avec traitement

Un traitement instauré à la fin du stade de denture temporaire ou au début du stade de denture mixte est favorable, et la durée du traitement secondaire (multi-attaches) est réduite, voire évitée.

Le traitement précoce est recommandé pour intercepter les dysmorphoses et les malocclusions inversées postérieures associées ; il est bénéfique à court et à long terme.

Le pronostic avec traitement est favorable puisqu'il permet de rétablir une direction physiologique de croissance, de corriger une anomalie basale ou alvéolaire, de rétablir une normocclusion, et de rééduquer des comportements neuromusculaires physiologiques et fonctionnels.

3.5.2. Sans traitement

L'absence de traitement, mécanique et fonctionnel, serait responsable de l'aggravation des signes cliniques (dysmorphose). De plus, le maintien des dysfonctions et para-fonctions accentuerait le déséquilibre neuromusculaire ; au-delà d'un certain âge, la rééducation des fonctions est compromise, du fait d'une engrammation des circuits pathologiques.

En l'absence de traitement d'interception précoce, et dès lors que le taux d'ossification de la suture intermaxillaire est important (analysé sur une coupe tomodensitométrique), la disjonction assistée chirurgicalement est indiquée (Boileau, 2012).

Si la quantité d'expansion nécessaire pour corriger l'occlusion inversée postérieure ne justifie pas une disjonction chirurgicalement assistée, il est possible de réaliser un traitement de compensation orthodontique (traitement de compromis).

4. CAS CLINIQUES

4.1. Cas clinique 1 (service ODF CHRU Nancy)

4.1.1. Anamnèse

Prénom : Paolo

Age : 7 ans

Motif de consultation : adressé par le chirurgien-dentiste traitant

Ethnie : caucasienne

Antécédents médico-chirurgicaux : allergie au pollen

4.1.2. Examen clinique

- Exobuccal



Figure 70 : photographies exobuccales de face, de profil et du sourire (Source : Service ODF CHRU Nancy, 2018)

FACE	PROFIL	SOURIRE
Typologie faciale - Forme du visage : ovale - Indice facial : euryprosope	Développement sagittal - Profil général légèrement convexe - Profil orthofrontal selon IZARD - Angle naso-labial ouvert - Biprochélisme (ligne E de Ricketts) - Distance cervico-mentonnière normale	Plan transversal - Ligne inter incisive maxillaire déviée par rapport au plan sagittal médian, vers la droite du patient
Développement transversal <i>Étude de la symétrie faciale</i> - Parallélisme des lignes de référence - Déviation du menton vers la droite du patient	Développement vertical - Divergence faciale : normodivergent	Plan vertical - Sourire denté - Dents mandibulaires non visibles
Développement vertical : - Égalité des étages de la face - Occlusion labiale au repos		

- Endobuccal

❖ Général

Muqueuses et parodonte	Dentaire				
- Bonne hygiène bucco-dentaire - Biotype parodontal plat	- Formule dentaire : <table> <tr> <td>16 55 54 53 12 11</td> <td>21 22 63 64 65 26</td> </tr> <tr> <td>46 85 84 83 42 41</td> <td>31 32 73 74 75 36</td> </tr> </table> - Phase de constitution de la denture mixte stable (Démogé) - 12-22 en cours d'éruption	16 55 54 53 12 11	21 22 63 64 65 26	46 85 84 83 42 41	31 32 73 74 75 36
16 55 54 53 12 11	21 22 63 64 65 26				
46 85 84 83 42 41	31 32 73 74 75 36				

❖ Intra-arcade

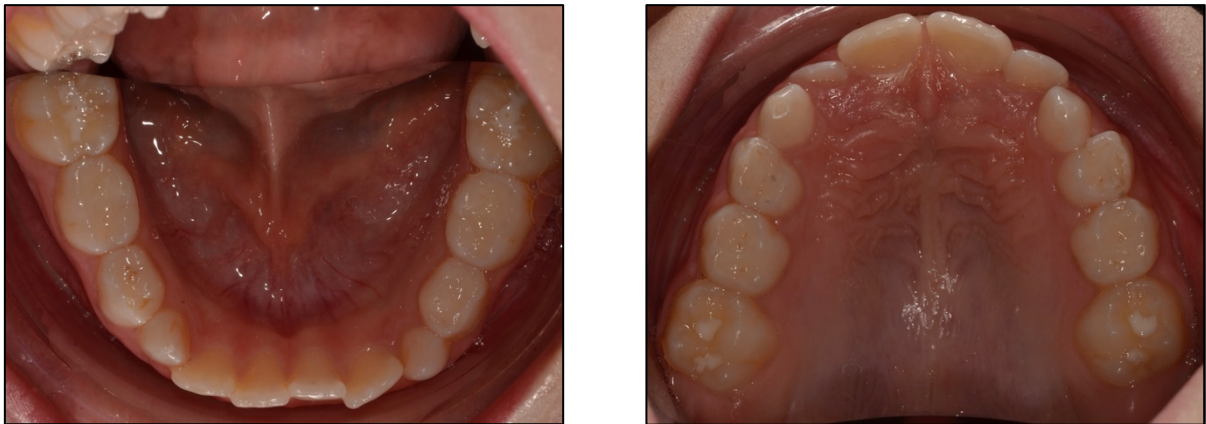


Figure 71 : photographies endo-buccal de l'arcade mandibulaire (gauche) et de l'arcade maxillaire (droite), en vue occlusale (Source : Service ODF CHRU Nancy, 2018)

Maxillaire	Mandibulaire
Arcades paraboliques	
Encombrement antérieur	
Endoalvéolie bilatérale (origine alvéolaire) : convergence des procès alvéolaires	

❖ Inter-arcades



Figure 72 : photographies endo-buccal de face et de profil (droit et gauche) en OIM (Source : Service ODF CHRU Nancy, 2018)

OIM

	Transversal	Sagittal	Vertical
Incisives	Déviations du milieu inter-incisif maxillaire à droite	Surplomb = 2mm	- Recouvrement diminué - 12-22 en cours d'éruption
Canines	Occlusion inversée unilatérale gauche	Classe I d'Angle droite et gauche	Peu d'usure physiologique des pointes canines
Molaires	Occlusion inversée unilatérale postérieure gauche	Classe I d'Angle droite et gauche	Absence de béance postérieure

Dynamique et ORC :

- Latérodéviation fonctionnelle due à un contact prématuré sur 63.

- Examen des fonctions

Examen des fonctions oro-faciales :

- Ventilation : nasale stricte
- Déglutition : mature
- Mastication : unilatérale stricte
- Parafunction(s) : absence de parafunctions

- Examens complémentaires

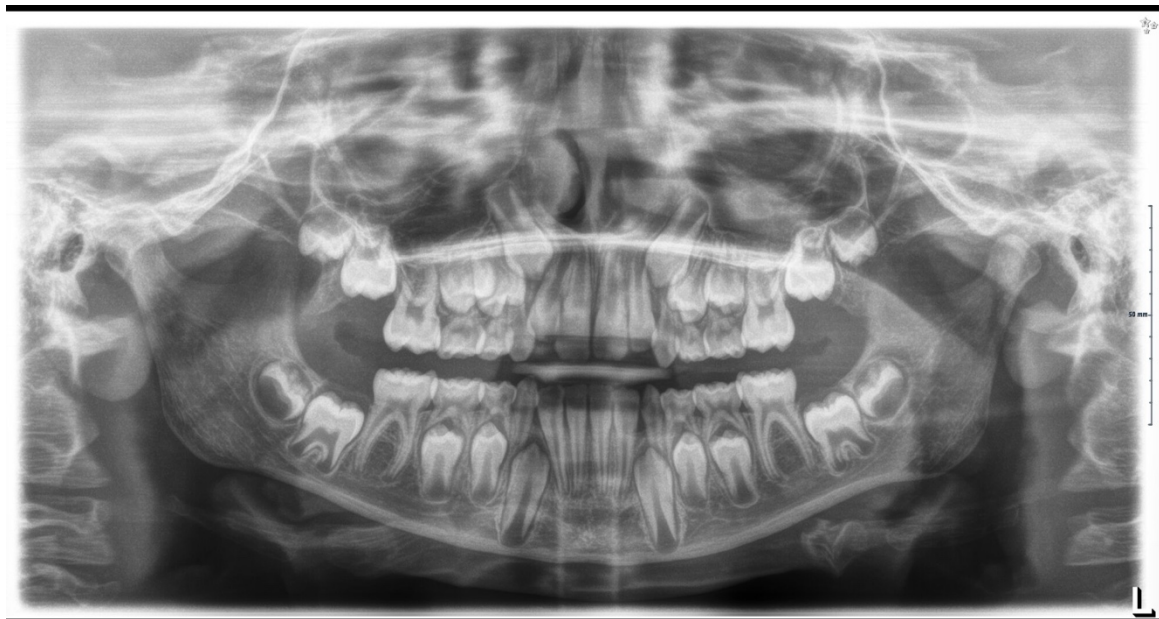


Figure 73 : radiographie panoramique (Source : Service ODF CHRU Nancy, 2018)

4.1.3. Synthèse diagnostique

Squelettique	- Classe I squelettique de Ballard - Typologie normodivergente : égalité des étages moyens et inférieur
Alvéolaire	- Endoalvéolie maxillaire
Dentaire et parodontal	- DDM par macrodontie relative à forme d'encombrement
Fonctionnel	- Ventilation nasale stricte - Déglutition mature - Mastication unilatérale
Occlusal	- Transversal Occlusion inversée postérieure gauche (secteur 2-3) Déviation de la ligne inter-incisive maxillaire à droite Latérodéviation fonctionnelle - Vertical Recouvrement diminué - Sagittal Classe I d'Angle molaire et canine, droite et gauche

4.1.4. Plan de traitement

1^{er} temps : interception

- Quad Helix (durée de 6 mois) scellé sur les premières molaires permanentes



Figure 74 : photographies endobuccales inter-arcade (gauche) et intra-arcade (droite) du quad hélix sur fourreaux insérés dans les bagues scellées sur les premières molaires permanentes (Source : Service ODF CHRU Nancy, 2018)

2^{ème} temps : surveillance

3^{ème} temps : réévaluation

4.1.5. Résultats post-traitement

- Intra-arcade

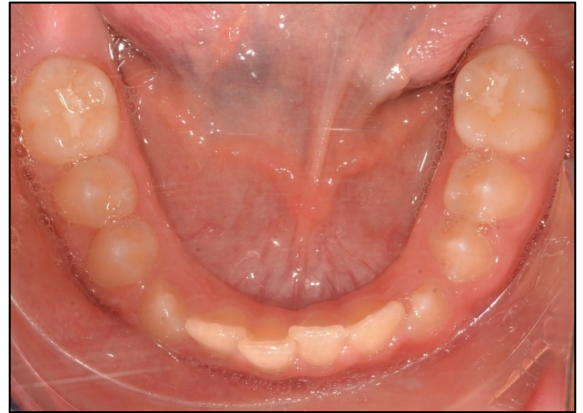
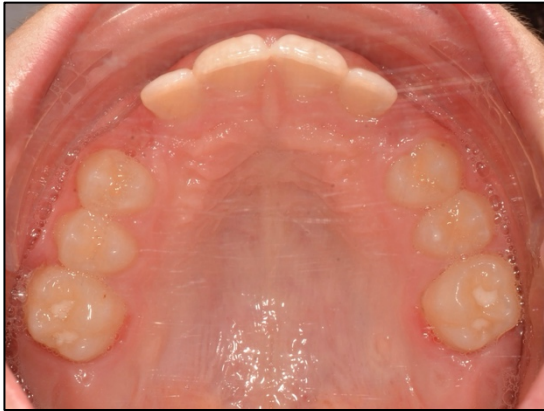


Figure 75 : photographies endo-buccal intra-arcade maxillaire (gauche) et mandibulaire (droite) post-traitement à 6 mois (Source : Service ODF CHRU Nancy, 2018)

- Inter-arcade



Figure 76 : photographie endo-buccal inter-arcade post-traitement à 6 mois (Source : Service ODF CHRU Nancy, 2018)

4.2. Cas clinique 2 (Service ODF CHRU Nancy)

4.2.1. Anamnèse

Prénom : Laurine

Age : 8 ans

Motif de consultation : adressée par le dentiste traitant

Ethnie : caucasienne

Antécédents médico-chirurgicaux : RAS

4.2.2. Examen clinique

- Exobuccal



Figure 77 : photographies exobuccales de face, de profil et du sourire (Source : Service ODF CHRU Nancy, 2018)

FACE	PROFIL	SOURIRE
Typologie faciale - Forme du visage : carré - Indice facial : mesoprosope	Développement sagittal - Profil général rectiligne - Profil orthofrontal selon Izard - Angle naso-labial ouvert - Rapports labiaux de classe I - Lèvre inférieure légèrement éversée - Sillon labio-mentonnier marqué - Distance cervico-mentonnière normale	Plan transversal - Ligne inter incisive mandibulaire déviée à droite par rapport au plan sagittal médian
Développement transversal <i>Étude de la symétrie faciale</i> - Parallélisme des lignes de référence - Déviation du menton vers la droite du patient	Développement vertical - Divergence faciale : normodivergent, à tendance hyperdivergente	Plan vertical - Sourire denté - Dents mandibulaires visibles
Développement vertical : - Égalité des étages de la face - Occlusion labiale au repos - Légère crispation de la houe mentonnière		

- Endobuccal

❖ Général

Muqueuses et parodonte	Dentaire				
- Hygiène bucco-dentaire à améliorer - Biotype parodontal plat	- Formule dentaire : <table> <tr> <td>16 55 54 53 12 11</td> <td>21 22 63 64 65 26</td> </tr> <tr> <td>46 85 84 83 42 41</td> <td>31 32 73 74 75 36</td> </tr> </table> - Phase de constitution de la denture mixte stable (Démogé) - RCI modéré : restauration occlusale à l'amalgame sur 85 et 46, et occluso-distale sur 64	16 55 54 53 12 11	21 22 63 64 65 26	46 85 84 83 42 41	31 32 73 74 75 36
16 55 54 53 12 11	21 22 63 64 65 26				
46 85 84 83 42 41	31 32 73 74 75 36				

❖ Intra-arcade



Figure 78 : photographies endo-buccal de l'arcade maxillaire (gauche) et de l'arcade mandibulaire (droite), en vue occlusale (Source : Service ODF CHRU Nancy, 2017)

Maxillaire	Mandibulaire
Arcades paraboliques	
Arcades symétriques	
	- Rotation mésio-vestibulaire de 31 - Diastème 41-42 - Présence du lee-way
Endoalvéolie unilatérale droite	

❖ Inter-arcades



Figure 79 : photographies endo-buccal de face et de profil (droit et gauche) en OIM (Source : Service ODF CHRU Nancy, 2017)

OIM

	Transversal	Sagittal	Vertical
Incisives	Déviation du milieu inter-incisif maxillaire à gauche de 4mm	Surplomb = 3mm	- Recouvrement = 2mm
Canines	Occlusion inversée unilatérale droite	Classe II d'Angle droite et gauche	Peu d'usure physiologique des pointes canines
Molaires	Occlusion inversée unilatérale postérieure droite (53-16) Bout à bout molaire gauche	Classe II d'Angle droite et gauche	Présence d'une béance postérieure à droite et à gauche

Dynamique et ORC :

- Latérodéviations fonctionnelles dues à un contact prématuré sur 12
- Chemin de fermeture mandibulaire dévié en « baïonnette »
- Mode de diduction
 - Fonction de groupe antérieur à droite
 - Protection canine à gauche
- Mode de propulsion : guidage incisif

- Examen des fonctions

Examen des fonctions oro-faciales :

- Ventilation : ventilation mixte
- Déglutition : déglutition mature
- Mastication : mastication unilatérale stricte
- Posture linguale : normale
- Para fonction(s) : bruxisme, antécédents de succion non nutritive (jusqu'à 6 ans), tic de mordillement des stylos

- Examens complémentaires

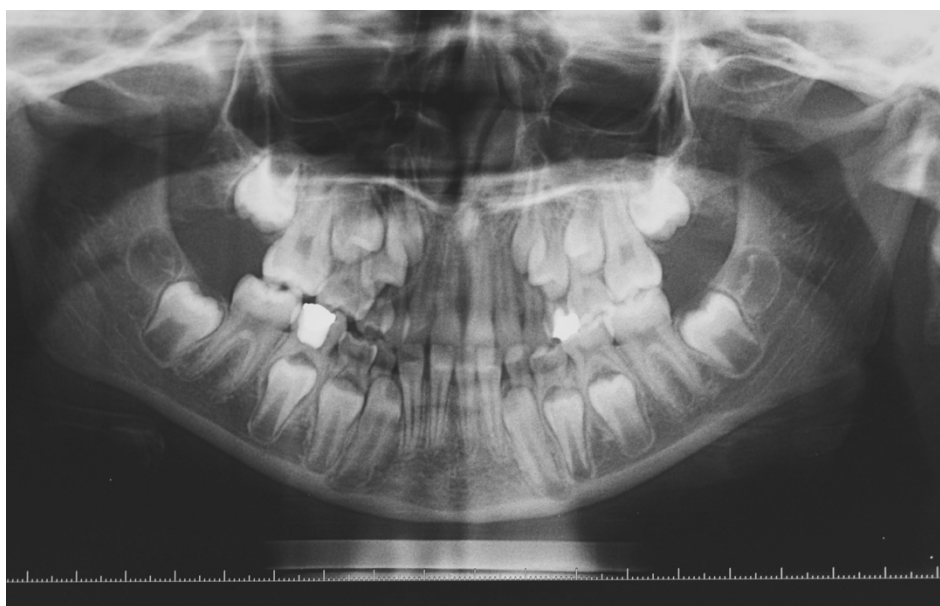


Figure 80 : radiographie panoramique (Source : Service ODF CHRU Nancy, 2017)

4.2.3. Synthèse diagnostique

Squelettique	- Classe I squelettique de Ballard - Typologie normodivergente à tendance hyperdivergente
Alvéolaire	- Endoalvéolie maxillaire unilatérale droite
Dentaire et parodontal	- RCI élevé - Hygiène bucco-dentaire à améliorer
Fonctionnel	- Ventilation mixte - Déglutition mature - Mastication unilatérale
Occlusal	- Transversal Occlusion inversée postérieure à droite (53-16) Bout à bout molaire à gauche Déviation de la ligne inter-incisive mandibulaire à droite en OIM (4mm), et alignée au repos Latérodéviation fonctionnelle - Vertical Béance postérieure droite et gauche - Sagittal Classe II d'Angle molaire et canine, droite et gauche

4.2.4. Plan de traitement

1^{er} temps : interception

- Plaque palatine à vérin médian, associée à un plan de surélévation en résine au niveau des secteurs postérieurs.

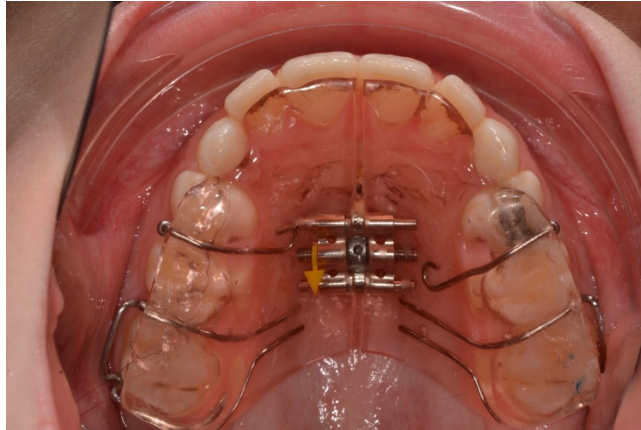


Figure 81 : plaque palatine à vérin médian, associée à un plan de surélévation en résine au niveau des secteurs postérieurs (Source : Secteur ODF CHRU Nancy, 2017)

2^{ème} temps : surveillance

3^{ème} temps : réévaluation

4.2.5. Résultats post-traitement

- Intra-arcade



Figure 82 : photographies endo-buccales intra-arcade maxillaire (gauche) et mandibulaire (droite) post-traitement à 1 an (Source : Service ODF CHRU Nancy, 2018)

- Inter-arcades



Figure 83 : photographies endo-buccales inter-arcade post-traitement à 1 an, de face, profil droit, profil gauche (de gauche à droite) (Source : Service ODF CHRU Nancy, 2018)

- Examens complémentaires



Figure 84 : radiographie panoramique post-traitement (Service ODF CHRU Nancy, 2018)

CONCLUSION

S'il est aujourd'hui impossible de prévenir ou d'intercepter les anomalies d'origine héréditaire ou congénitale, les anomalies acquises peuvent, quant à elles, être corrigées précocement voire évitées. En effet, la nécessité d'une prise en charge précoce des anomalies du sens transversal n'est plus à prouver.

L'occlusion inversée postérieure est un signe pathognomonique d'une anomalie du sens transversal, telle que l'endoalvéolie, d'origine alvéolaire, ou l'endognathie d'origine basale. Bien que leurs manifestations cliniques soient différentes, la thérapeutique expansive reste le traitement de référence pour la correction de ces anomalies transversales. Les critères de choix thérapeutique majeurs sont l'état de la suture palatine intermaxillaire, ainsi que la sévérité du déficit transversal.

Des études ont montré qu'il existait une variabilité de la fusion des héli-maxillaires et de l'ossification de la suture palatine, sans lien direct avec l'âge du patient.

Avec l'avènement de l'imagerie en trois dimensions, il est possible d'analyser avec précision le stade de maturation de la suture médio-palatine, ce qui a permis de faciliter le choix de la mécanique de traitement.

Le risque de récurrence est important. Il est lié à la tension exercée par l'expansion mécanique sur le tissu conjonctif distendu, et l'incapacité à produire un pont osseux stable dans l'espace expansé. C'est la raison pour laquelle la contention post traitement, par appareillage amovible ou fixe, est indispensable. De plus, une sur-correction est recommandée pour anticiper les effets de la récurrence.

La concordance de la dimension transversale des arcades dentaires est l'objectif principal de la thérapeutique ; celle-ci permet d'obtenir une relation inter-arcade stable. Pour cela, les arcades doivent se situer dans une zone de neutralité et d'équilibre des forces musculaires.

En définitive, les fonctions orales ont un rôle majeur dans le schéma de développement cranio-maxillo-facial, et influencent le modèle génétique prédéfini. Les fonctions de ventilation, mastication et déglutition, agissent en interaction, et doivent permettre une croissance harmonieuse des bases osseuses. Tout déséquilibre fonctionnel provoque une perturbation de la direction et de la quantité de croissance. La myothérapie fonctionnelle, instaurée précocement, peut limiter la complexité des anomalies. A ce jour, on peut considérer que la phase d'engrammation et la mise en fonction de ces nouveaux circuits physiologiques et automatisés, sont des outils indispensables dans la prévention et la correction des dysmorphoses. La rééducation fonctionnelle est garante de la stabilité à long terme.

Le dépistage et le rétablissement des fonctions physiologiques est donc considéré comme la « vaccination contre la maladie orthodontique ».

BIBLIOGRAPHIE

Références bibliographiques manuscrites

1. Agostino P, Ugolini A, Signori A, Silvestrini-Biavati A, Harrison JE, Riley P. Orthodontic treatment for posterior crossbites. Cochrane Database Syst Rev. 8 août 2014; 1(8) : CD000979.
2. Ahlgren J, Öwall B. Muscular activity and chewing force : A polygraphic study of human mandibular movements. Arch Oral Biol. avr 1970; 15(4): 271-80.
3. Aknin J-J. La croissance cranio-faciale. Paris : SID ; 2007. 269p.
4. Al-Ani A-M. The efficiency and stability of maxillary expansion with Quadhelix : a longitudinal study. J Baghdad Coll Dent. 2012; 24(3): 98-105.
5. Angelieri F, Cevidanes LHS, Franchi L, Gonçalves JR, Benavides E, McNamara JA. Midpalatal suture maturation: classification method for individual assessment before rapid maxillary expansion. Am J Orthod Dentofac Orthop. nov 2013; 144(5): 759-69.
6. Arvedson J, Clark H, Lazarus C, Schooling T, Frymark T. Evidence-based systematic review: effects of oral motor interventions on feeding and swallowing in preterm infants. Am J Speech Lang Pathol. nov 2010; 19(4): 321-40.
7. Baccetti T, Franchi L, McNamara JA. The Cervical Vertebral Maturation (CVM) Method for the Assessment of Optimal Treatment Timing in Dentofacial Orthopedics. Semin Orthod. sept 2005; 11(3):1 19-29.
8. Bakor SF, Enlow DH, Pontes P, De Biase NG. Craniofacial growth variations in nasal-breathing, oral-breathing, and tracheotomized children. Am J Orthod Dentofac Orthop. oct 2011; 140(4): 486-92.
9. Bassigny F, Canal P. Manuel d'orthopédie dento-faciale. 2^e édition. Paris : Masson ; 1991. 218p.
10. Beecher RM, Corruccini RS. Effects of dietary consistency on craniofacial and occlusal development in the rat. Angle Orthod. janv 1981; 51(1): 61-9.
11. Bell RA, LeCompte EJ. The effects of maxillary expansion using a quad-helix appliance during the deciduous and mixed dentitions. Am J Orthod. févr 1981; 79(2): 152-61.
12. Bishara SE, Larsson E. Finger habits: their effects and their treatments--part 2. Dent Assist. avr 2007; 76(2): 16-8, 20, 22 passim.
13. Björk A. Facial Growth in Man, Studied with the aid of Metallic Implants. Acta Odontol Scand. janv 1955; 13(1): 9-34.

14. Boileau M-J. Orthodontie de l'enfant et du jeune adulte. Tome 1, Principes et moyens thérapeutiques. Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson ; 2011. 280p.
15. Boileau M-J. Orthodontie de l'enfant et du jeune adulte. Tome 2, Traitement des dysmorphoses et malocclusions. Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson ; 2012. 312p.
16. Boileau M-J, Sampeur-Tarrit C, Bazert C. Physiologie et physiopathologie de la mastication. EMC – Chirurgie orale et maxillo-faciale. 2006 : 1-12 [Article 22-008-A-15].
17. Bonnet B. Un appareil de reposturation : l'Enveloppe Linguale Nocturne (E.L.N.). Rev Orthop Dento-Fac. sept 1992 ; 26(3) : 329-47.
18. Borrie FRP, Bearn DR, Innes NPT, Iheozor-Ejiofor Z. Interventions for the cessation of non-nutritive sucking habits in children. Cochrane Database Syst Rev. 31 mars 2015. 3 (3): CD008694.
19. Bowden BD. A longitudinal study of the effects of digit- and dummy-sucking. Am J Orthod. déc 1966; 52(12): 887-901.
20. Bresolin D, Shapiro PA, Shapiro GG, Chapko MK, Dassel S. Mouth breathing in allergic children: its relationship to dentofacial development. Am J Orthod. avr 1983; 83(4): 334-40.
21. Castelo PM, Gavião MBD, Pereira LJ, Bonjardim LR. Evaluation of changes in muscle thickness, bite force and facial asymmetry during early treatment of functional posterior crossbite. J Clin Pediatr Dent. 2010; 34(4): 369-74.
22. Cauhepe J, Fieux J, Coutand A, Bouvet JM. The morphogenetic role of neuromuscular behavior. Rev Stomatol. juill 1955; 56(7): 535-8.
23. Cauhepe J, Fieux J, Bouvet JM. Deglutition and malocclusion. Rev Stomatol. oct 1953; 54(10): 905-12.
24. Ceylan I, Oktay H, Demirci M. The effect of rapid maxillary expansion on conductive hearing loss. Angle Orthod. 1996; 66(4): 301-7.
25. Charlier JP, Petrovic A, Herrmann J. [Determinism of mandibular growth: effects of hyperpropulsion and of the somatotrophic hormone on the growth of the condyle in young rats]. Orthod Fr. 1968; 39: 567-79.
26. Chateau M. Orthopédie dento-faciale. Paris : Editions CdP ; 1993. 348p.
27. Chinappi AS, Getzoff H. The dental-chiropractic cotreatment of structural disorders of the jaw and temporomandibular joint dysfunction. J Manipulative Physiol Ther. sept 1995; 18(7): 476-81.
28. Ciavarella D, Mastrovincenzo M, Sabatucci A, Parziale V, Chimenti C. Effect of the Enveloppe Linguale Nocturne on atypical swallowing: surface electromyography and computerised postural test evaluation. Eur J Paediatr Dent. sept 2010;11(3):141-5.

29. Cotton LA. Slow maxillary expansion: skeletal versus dental response to low magnitude force in *Macaca mulatta*. *Am J Orthod.* janv 1978; 73(1): 1-23.
30. Couchat D. La disjonction inter-maxillaire en orthopédie dento-faciale. [Mémoire CECSMO]. [Marseille] : Université d'Aix-Marseille II ; 1997.
31. Dann C, Phillips C, Broder HL, Tulloch JF. Self-concept, Class II malocclusion, and early treatment. *Angle Orthod.* 1995; 65(6): 411-6.
32. De Coster T. L'expansion précoce du maxillaire. *Rev Orthop Dento Faciale.* 1996 ; 30(4) : 469-75.
33. De Salvador, Planas C. Sémiologie de la mastication. *Rev Orthop Dento Faciale.* 2010 ; 35 : 319-36.
34. Deblock L, Weissenbach O, David S, Gautier F, Leibundguth I. Diagnostic, traitement et pronostic des latéro-déviation fonctionnelles en période de croissance. *Rev Orthop Dento Faciale.* sept 1998 ; 32(3) : 393-402.
35. Delaire J. La croissance des os de la voute du crane. Principes généraux. *Rev Stomatol Chir Maxillofac.* 1961 ; 62(35) : 518-26.
36. Deshayes M-J. L'art de traiter avant 6 ans. Merville-Franceville : Éditions Cranexplo ; 2006. 263p.
37. Devishree G, Gujjari SK, Shubhashini PV. Frenectomy: a review with the reports of surgical techniques. *J Clin Diagn Res JCDR.* nov 2012; 6(9): 1587-92.
38. Dimberg L, Bondemark L, Söderfeldt B, Lennartsson B. Prevalence of malocclusion traits and sucking habits among 3-year-old children. *Swed Dent J.* 2010; 34(1): 35-42.
39. Enlow DH, Moyers RE, Merow WW. Handbook of facial growth. Philadelphia: Saunders; 1975. 423p.
40. Erdinç AE, Ugur T, Erbay E. A comparison of different treatment techniques for posterior crossbite in the mixed dentition. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* sept 1999; 116(3): 287-300.
41. Fleming PS. Timing orthodontic treatment: early or late? *Aust Dent J.* mars 2017; 62(1): 11-19.
42. Fourquet L, Göttle M, Bounoure G. Finitions, stabilité et harmonie. *Orthod Fr.* 2014 ; 85(1) : 93-125.
43. Frank SW, Engel GA. The effects of maxillary quad-helix appliance expansion on cephalometric measurements in growing orthodontic patients. *Am J Orthod.* mai 1982; 81(5): 378-89.
44. Garrec P, Vi-Fane B, Jordan L. L'expansion rapide maxillaire (ERM) Est-ce toujours une question d'âge ? *Rev Orthop Dento Faciale.* 2017 ; 51(4) : 531-9.

45. Garrett BJ, Caruso JM, Rungcharassaeng K, Farrage JR, Kim JS, Taylor GD. Skeletal effects to the maxilla after rapid maxillary expansion assessed with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* juill 2008; 134(1): 8-9.
46. Godoy F, Godoy-Bezerra J, Rosenblatt A. Treatment of posterior crossbite comparing 2 appliances: a community-based trial. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* janv 2011; 139(1): 45-52.
47. Gola R, Cheynet F, Guyot L, Richard O, Layoun W. Étiopathogénie de l'obstruction nasale et ses conséquences sur la croissance maxillo-faciale de l'enfant. *Rev Orthop Dento Faciale.* sept 2002 ; 36(3) : 311-33.
48. Gola R, Cheynet F, Guyot L, Richard O, Sauvart J. Conséquences de l'obstruction nasale chez l'enfant. *Orthod Fr.* sept 2000 ; 71(3) : 219-31.
49. Gugino C, Dus I. Les concepts du déverrouillage : l'interaction entre forme et fonction. *Rev Orthop Dento Faciale.* mars 2000 ; 34(1) : 83-107.
50. Haas AJ. The treatment of maxillary deficiency by opening the midpalatal suture. *Angle Orthod.* juill 1965; 35: 200-17.
51. Haas AJ. Palatal expansion: just the beginning of dentofacial orthopedics. *Am J Orthod.* mars 1970; 57(3): 219-55.
52. Haskell BS, Mink JR. An aid to stop thumb sucking: the « Bluegrass » appliance. *Pediatr Dent.* avr 1991; 13(2): 83-5.
53. Jamani NA, Ardini YD, Harun NA. Three case reports of infants with ankyloglossia affecting breastfeeding. *Med J Malaysia.* juill 2020; 75(4): 439-41.
54. Jang S-J, Cha B-K, Ngan P, Choi D-S, Lee S-K, Jang I. Relationship between the lingual frenulum and craniofacial morphology in adults. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* avr 2011; 139(4): 361-367.
55. Jasmin JR, Perrier d'Arc G, Bayada F, Israël L. Effets de la perte prématurée des dents temporaires sur l'établissement de l'occlusion. *Rev Orthop Dento Faciale.* avr 1980 ; 14(2) : 117-26.
56. Johnson PD, Cohen DA, Aiosa L, McGorray S, Wheeler T. Attitudes and compliance of pre-adolescent children during early treatment of Class II malocclusion. *Clin Orthod Res.* août 1998; 1(1): 20-28.
57. Joseph P, Weinmann MD, Sicher H. Bone and bones: Fundamentals of Bone Biology. *Br J Surg.* sept 1955; 43(178): 224-224.
58. Kennedy DB, Osepchuk M. Unilateral posterior crossbite with mandibular shift: a review. *J Can Dent Assoc.* sept 2005; 71(8): 569-73.

59. Kerosuo H, Heikinheimo K, Nyström M, Väkiparta M. Outcome and long-term stability of an early orthodontic treatment strategy in public health care. *Eur J Orthod.* avr 2013; 35(2): 183-9.
60. Kiki A, Kiliç N, Oktay H. Condylar asymmetry in bilateral posterior crossbite patients. *Angle Orthod.* janv 2007; 77(1): 77-81.
61. Kimmel SS. The development of a classification and problem list as a method of orthodontic diagnosis. *J Am Acad Gnathol Orthop.* juin 1987; 4(2): 18-25.
62. Kisling E. Occlusal interferences in the primary dentition. *ASDC J Dent Child.* juin 1981; 48(3):1 81-91.
63. Ko C, Lim S. A meta analysis of maxillary expansion : comparisons of intercanine/intermolar expansion and rapid/slow expansion. *Korean J Orthod.* 2004; 34(1): 23-31.
64. Kobayashi HM, Scavone H, Ferreira RI, Garib DG. Relationship between breastfeeding duration and prevalence of posterior crossbite in the deciduous dentition. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* janv 2010; 137(1): 54-8.
65. Korbmacher H, Schilling A, Püschel K, Amling M, Kahl-Nieke B. Age-dependent three-dimensional microcomputed tomography analysis of the human midpalatal suture. *J. orofac. orthop.* sept 2007; 68(5): 364-76.
66. Lam PH, Sadowsky C, Omerza F. Mandibular asymmetry and condylar position in children with unilateral posterior crossbite. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* mai 1999;v115(5): 569-75.
67. Langlade M. Thérapeutique orthodontique. 2e édition. Paris : Maloine ; 1978. 551p.
68. Larson BE. Orthodontic preparation for orthognathic surgery. *Oral Maxillofac Surg Clin N Am.* nov 2014; 26(4): 441-58.
69. Larsson E. Dummy- and finger-sucking habits with special attention to their significance for facial growth and occlusion. 4. Effect on facial growth and occlusion. *Sven Tandlakare Tidskr Swed Dent J.* déc 1972; 65(12): 605-34.
70. Le Gall MG, Lauret J-F. Occlusion et fonction: une approche clinique rationnelle. Rueil-Malmaison : Éditions CdP ; 2002. 171p.
71. Lejoyeux. La déglutition dysfonctionnelle, quoi de neuf? *Rééduc. Orthoph.* 2006 ; (226) : 15-27.
72. Leloup. La déglutition dysfonctionnelle. *Rééduc. Orthoph.* 2006 ; (226) : 29-38.
73. Lessa FCR, Enoki C, Feres MFN, Valera FCP, Lima WTA, Matsumoto MAN. Breathing mode influence in craniofacial development. *Braz J Otorhinolaryngol.* avr 2005; 71(2): 156-60.

74. Limme M. Non-obstructive etiology of mouth breathing. *Acta Otorhinolaryngol Belg.* 1993; 47(2): 141-4.
75. Limme M. Conduites alimentaires et croissance des arcades dentaires. *Rev Orthop Dento Faciale.* sept 2002;36(3):289-309.
76. Limme M. L'interception en denture temporaire : mastication et réhabilitation neuro-occlusale. *Orthod Fr.* mars 2006 ; 77(1) : 113-35.
77. Lippold C, Stamm T, Meyer U, Végh A, Moiseenko T, Danesh G. Early treatment of posterior crossbite--a randomised clinical trial. *Trials.* 22 janv 2013; 14: 20.
78. Lo Giudice A, Galletti C, Gay-Escoda C, Leonardi R. CBCT assessment of radicular volume loss after rapid maxillary expansion: A systematic review. *J Clin Exp Dent.* mai 2018; 10(5): 484-94.
79. Machado-Júnior A-J, Zancanella E, Crespo A-N. Rapid maxillary expansion and obstructive sleep apnea: A review and meta-analysis. *Med Oral Patol Oral Cirugia Bucal.* 1 juill 2016; 21(4): 465-469.
80. Malandris M, Mahoney EK. Aetiology, diagnosis and treatment of posterior cross-bites in the primary dentition. *Int J Paediatr Dent.* mai 2004; 14(3): 155-66.
81. Mason M, Spolaor F, Guiotto A, De Stefani A, Gracco A, Sawacha Z. Analyse de la démarche et de la posture chez des patients avec déficit transversal du maxillaire, avant et après expansion palatine rapide (EPR). *Int Orthod.* mars 2018 ; 16(1) : 158-73.
82. McGuinness NJ, McDonald JP. Changes in natural head position observed immediately and one year after rapid maxillary expansion. *Eur J Orthod.* avr 2006; 28(2): 126-34.
83. McNamara JA. Maxillary transverse deficiency. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* mai 2000; 117(5): 567-70.
84. Melsen B. Palatal growth studied on human autopsy material. A histologic microradiographic study. *Am J Orthod.* juill 1975; 68(1): 42-54.
85. Michelotti A, Buonocore G, Manzo P, Pellegrino G, Farella M. Dental occlusion and posture: an overview. *Prog Orthod.* 2011; 12(1): 53-8.
86. Mongini F, Schmid W, Decker A, Guillaumot G. Orthopédie cranio-mandibulaire et articulaire (A.T.M.). Paris : Ed. CdP ; 1992. 206p.
87. Morel-Verdebout C, Botteron S, Kiliaridis S. Dentofacial characteristics of growing patients with Duchenne muscular dystrophy: a morphological study. *Eur J Orthod.* oct 2007; 29(5): 500-7.
88. Moss ML, Salentijn L. The primary role of functional matrices in facial growth. *Am J Orthod.* juin 1969; 55(6): 566-77.

89. Muller L. Céphalométrie et orthodontie. Paris : SNPMD ; 1983. 343p.
90. O'Byrn BL, Sadowsky C, Schneider B, BeGole EA. An evaluation of mandibular asymmetry in adults with unilateral posterior crossbite. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* avr 1995; 107(4): 394-400.
91. Ogaard B, Larsson E, Lindsten R. The effect of sucking habits, cohort, sex, intercanine arch widths, and breast or bottle feeding on posterior crossbite in Norwegian and Swedish 3-year-old children. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* août 1994; 106(2): 161-6.
92. Oliveira De Felipe NL, Da Silveira AC, Viana G, Kusnoto B, Smith B, Evans CA. Relationship between rapid maxillary expansion and nasal cavity size and airway resistance: short- and long-term effects. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* sept 2008; 134(3): 370-82.
93. Page DC. The new dental-medical renaissance. Medically efficacious functional jaw orthopedics. *Funct Orthod.* mars 1999; 16(1): 16-22, 24-5, passim.
94. Patti A, Perrier D'Arc G. Les traitements orthodontiques précoces. Paris : Quintessence international ; 2003. 121p.
95. Petrén S, Bondemark L. Correction of unilateral posterior crossbite in the mixed dentition: a randomized controlled trial. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* juin 2008; 133(6): 790.e7-13.
96. Planas P. Réhabilitation neuro-occlusale: RNO. 2^e édition. Rueil-Malmaison : Éd. CdP ; 2006. 290p.
97. Proffit W, Fields H, Sarver D, Ackerman J. Contemporary Orthodontics. St. Louis. Elsevier Masson; 2013. 744p.
98. Raberin M. Pathologies et thérapeutiques de la dimension transversale en denture mixte. Conséquences sur l'équilibre musculaire. *Orthod Fr.* janv 2001 ; 72(1-2) : 131-42.
99. Rollet D. Interception des malocclusions à l'aide des éducateurs fonctionnels. *Réal Clin.* 2015 ; 26(2) : 117-29.
100. Rollet D. Traitement d'interception et prévention des dysfonctions. *Ortho Bioprogr.* 2001.
101. Saksena SS, Bixler D. Facial morphometrics in the identification of gene carriers of X-linked hypohidrotic ectodermal dysplasia. *Am J Med Genet.* janv 1990; 35(1): 105-14.
102. Salagnac J-M. Latérodysmorphose mandibulaire. *Encycl. méd.-chir., Odontol.* 2001 ; 1(1) : 472.

103. Samoian R. La Dimension verticale de l'étage inférieur de la face : revue classifiée et analyse des notions actuelles. 3^e édition. Grenoble : R. Samoian ; 1984. 229p.
104. Scavone H, Ferreira RI, Mendes TE, Ferreira FV. Prevalence of posterior crossbite among pacifier users: a study in the deciduous dentition. *Braz Oral Res.* juin 2007; 21(2): 153-8.
105. Scott JH. Dento-facial development and growth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* sept 1968; 26(3): 416.
106. Slavicek R. Relationship between occlusion and temporomandibular disorders: implications for the gnathologist. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* janv 2011; 139(1): 10, 12, 14 passim.
107. Solow B, Sonnesen L. Head posture and malocclusions. *Eur J Orthod.* déc 1998; 20(6): 685-93.
108. Sorel O. [Rapid palatal expansion for the treatment of maxillary constriction]. *Rev Stomatol Chir Maxillofac.* févr 2004a; 105(1): 26-36.
109. Sorel O. Traitement des endognathies maxillaires par disjonction orthopédique. *Rev Stomatol Chir Maxillofac.* févr 2004b; 105(1): 26-36.
110. Souames M, Bassigny F, Zenati N, Riordan PJ, Boy-Lefevre ML. Orthodontic treatment need in French schoolchildren: an epidemiological study using the Index of Orthodontic Treatment Need. *Eur J Orthod.* déc 2006;28(6):605-9.
111. Soulet A. Éducation neuro-musculaire des fonctions oro-faciales. *Rev Orthop Dento Faciale.* juin 1989 ; 23(2) : 135-75.
112. Talmant J. Du rôle des fosses nasales dans la thermorégulation cérébrale. *Déductions thérapeutiques. Rev Orthop Dento Faciale.* mars 1992 ; 26(1) : 51-9.
113. Talmant J. Ventilation et mécanique des tissus mous faciaux : en guise de préambule. *Rev Orthop Dento Faciale.* juin 1995 ; 29(2) : 175-88.
114. Tausche E, Luck O, Harzer W. Prevalence of malocclusions in the early mixed dentition and orthodontic treatment need. *Eur J Orthod.* juin 2004; 26(3): 237-44.
115. Thilander B, Lennartsson B. A study of children with unilateral posterior crossbite, treated and untreated, in the deciduous dentition--occlusal and skeletal characteristics of significance in predicting the long-term outcome. . *orofac. orthop.* sept 2002; 63(5): 371-83.
116. Veli I, Uysal T, Ozer T, Ucar FI, Eruz M. Mandibular asymmetry in unilateral and bilateral posterior crossbite patients using cone-beam computed tomography. *Angle Orthod.* nov 2011; 81(6): 966-74.

117. Vizzotto MB, de Araújo FB, da Silveira HED, Boza AA, Closs LQ. The quad-helix appliance in the primary dentition--orthodontic and orthopedic measurements. J Clin Pediatr Dent. 2008; 32(2): 165-70.

Références bibliographiques numériques :

118. ANAES (Agence nationale d'accréditation et d'évaluation en santé). Allaitement maternel : mise en œuvre et poursuite dans les 6 premiers mois de vie de l'enfant. [Internet]. 2002 [consulté le 30 mars 2021]. Disponible sur : https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/Allaitement_rap.pdf
119. OMS (Organisation Mondiale de la Santé). La nutrition chez le nourrisson et le jeune enfant. Stratégie mondiale pour l'alimentation du nourrisson et du jeune enfant – Rapport du Secrétariat. [Internet]. 16 avril 2002 [consulté le 30 mars 2021]. Disponible sur : https://apps.who.int/gb/archive/pdf_files/WHA55/fa5515.pdf?ua=1&ua=1

TABLE DES MATIERES

SOMMAIRE	10
LISTE DES FIGURES	11
INTRODUCTION	16
1. CROISSANCE CRANIO-FACIALE ET EQUILIBRE NEUROMUSCULAIRE	17
1.1. DONNEES FONDAMENTALES SUR LA CROISSANCE TRANSVERSALE DES OS MAXILLAIRE ET MANDIBULAIRE	17
1.1.1. <i>Croissance post-natale du maxillaire</i>	17
1.1.2. <i>Croissance post-natale de la mandibule</i>	21
1.2. ROLE MORPHOGENETIQUE DES MUSCLES FACIAUX ET NOTION D'EQUILIBRE NEUROMUSCULAIRE	24
1.2.1. <i>Principe et théorie</i>	24
1.2.2. <i>Muscles et unités squelettiques</i>	26
1.3. PHYSIOLOGIE DES FONCTIONS ORO-FACIALES ET CONSEQUENCES DES TROUBLES DYSFUNCTIONNELS	28
1.3.1. <i>Praxies linguales</i>	29
1.3.2. <i>Ventilation</i>	30
1.3.3. <i>Déglutition</i>	33
1.3.4. <i>Mastication</i>	35
2. SÉMIOLOGIE CLINIQUE DES MALOCCLUSIONS INVERSÉES POSTÉRIEURES.....	39
2.1. ÉTABLISSEMENT DE L'OCCLUSION EN DENTURE MIXTE, LA NORMALITE ET LA PATHOLOGIE DU SENS TRANSVERSAL	39
2.1.1. <i>Rappels sur l'occlusion</i>	39
2.1.2. <i>La normalité du sens transversal</i>	41
2.1.3. <i>L'occlusion inversée postérieure</i>	42
2.2. ÉPIDÉMIOLOGIE ET PREVALENCE.....	45
2.3. ANOMALIES DU SENS TRANSVERSAL	46
2.3.1. <i>Origine basale</i>	47
2.3.2. <i>Originale alvéolaire</i>	48
2.3.3. <i>La latérodéviation, une anomalie cinétique</i>	50
2.4. DEMARCHE DIAGNOSTIQUE.....	53
2.4.1. <i>Diagnostic positif</i>	53
• Anamnèse	53
• Examen exo-buccal	54
• Examen du sourire	55
• Examen endo-buccal.....	56
• Examen cinétique	57
• Examen fonctionnel.....	58
❖ L'environnement musculaire	58
❖ Examen des fonctions	62
• Examens radiographiques	67
• Examens complémentaires.....	74
❖ Les photographies	74
❖ Les moulages et set-up	74
❖ Bilan orthophonique	75
2.4.2. <i>Diagnostic différentiel</i>	75
2.4.3. <i>Diagnostic étiologique</i>	76
• Causes générales	76
❖ Héritaire, congénitale, génétique	76
• Causes locorégionales.....	77
❖ Fonctionnel	77
❖ Dentaire	78
❖ Muqueux	79
❖ Voies aériennes supérieures	79
❖ L'articulation temporo-mandibulaire.....	80
3. LES THERAPEUTIQUES ACTUELLES	81
3.1. OBJECTIFS ET PRINCIPES DE TRAITEMENT.....	81

3.1.1.	<i>Les objectifs de traitement</i>	81
3.1.2.	<i>Les principes thérapeutiques (Boileau, 2012)</i>	82
•	Traitement précoce	82
•	Concordance transversale des arcades	82
•	Normalisation des fonctions.....	83
•	Contention de l'expansion transversale	83
3.2.	CRITERES DE CHOIX THERAPEUTIQUE	84
3.2.1.	<i>Quand intervenir ?</i>	84
•	Le traitement précoce : un facteur favorable.....	84
•	L'état de la suture palatine médiane	85
3.2.2.	<i>Caractéristiques propres à l'enfant</i>	86
•	Comportement de l'enfant	86
•	Degré de maturité et de compréhension de l'enfant	87
3.2.3.	<i>Sévérité des signes cliniques</i>	88
3.3.	LA THERAPEUTIQUE PREVENTIVE ET INTERCEPTRICE.....	89
3.3.1.	<i>La thérapeutique préventive</i>	89
•	Conditions anatomo-physiologiques	90
•	Mesures préventives autorisant la mise en place de comportements neuromusculaires et fonctionnels normaux, du nourrisson à la petite enfance	90
3.3.2.	<i>La thérapeutique interceptrice</i>	94
•	Les meulages sélectifs	95
•	L'éducation fonctionnelle	97
❖	L'éducation neuromusculaire active (Soulet, 1989).....	97
❖	L'éducation neuromusculaire passive	101
•	Les appareils d'expansion maxillaire et leurs effets sur la suture	106
❖	Études récentes concernant l'efficacité des appareils orthodontiques	106
❖	Les appareils d'expansion maxillaire lente.....	109
⇒	La plaque palatine à vérin médian	109
⇒	Le Quad Hélix.....	111
❖	Le disjoncteur maxillaire, appareil d'expansion maxillaire rapide	115
3.4.	CONTENTION EN PREVENTION DES RECIDIVES.....	121
3.5.	PRONOSTIC.....	123
3.5.1.	<i>Avec traitement</i>	123
3.5.2.	<i>Sans traitement</i>	123
4.	CAS CLINIQUES	124
4.1.	CAS CLINIQUE 1 (SERVICE ODF CHRU NANCY)	124
4.1.1.	<i>Anamnèse</i>	124
4.1.2.	<i>Examen clinique</i>	124
•	Exobuccal	124
•	Endobuccal	125
❖	Général.....	125
❖	Intra-arcade.....	126
❖	Inter-arcades	126
•	Examen des fonctions.....	127
•	Examens complémentaires.....	127
4.1.3.	<i>Synthèse diagnostique</i>	128
4.1.4.	<i>Plan de traitement</i>	128
4.1.5.	<i>Résultats post-traitement</i>	129
•	Intra-arcade	129
•	Inter-arcade	129
4.2.	CAS CLINIQUE 2 (SERVICE ODF CHRU NANCY).....	130
4.2.1.	<i>Anamnèse</i>	130
4.2.2.	<i>Examen clinique</i>	130
•	Exobuccal	130
•	Endobuccal	132
❖	Général.....	132
❖	Intra-arcade.....	132
❖	Inter-arcades	133

• Examen des fonctions.....	133
• Examens complémentaires.....	134
4.2.3. <i>Synthèse diagnostique</i>	134
4.2.4. <i>Plan de traitement</i>	135
4.2.5. <i>Résultats post-traitement</i>	135
• Intra-arcade	135
• Inter-arcades.....	136
• Examens complémentaires.....	136
CONCLUSION.....	137
BIBLIOGRAPHIE	139
TABLE DES MATIERES	148

Vu la demande du doyen de la faculté d'odontologie de Lorraine sur le rapport du jury :

Président : É. MORTIER – Professeur des universités
Membre du jury : M. HERNANDEZ – Maître de conférences des universités (Co-directrice de thèse)
Membre du jury : M. SENG – Maître de conférences des universités (Co-directrice de thèse)
Membre du jury : S. JAGER – Maître de conférences des universités
Membre invité : K. YASUKAWA – Maître de conférences des universités

le président de l'université de Lorraine autorise

Madame Marie WOLFF FREY

née à METZ (Moselle) le 8 avril 1993,

à soutenir et imprimer sa thèse en vue d'obtenir le diplôme d'État de docteur en chirurgie dentaire intitulée :

**« OCCLUSION INVERSÉE POSTÉRIEURE CHEZ L'ENFANT : DU DIAGNOSTIC CLINIQUE À LA PRISE
EN CHARGE THÉRAPEUTIQUE »**

Nancy, le 21 septembre 2021

N° autorisation : 11969C

Le président de l'université de Lorraine



P. MUTZENHARDT

WOLFF FREY Marie – L’occlusion inversée postérieure chez l’enfant : du diagnostic clinique à la prise en charge thérapeutique.

Nancy 2021 : 151 pages. 84 figures.

Th. : Chir.-Dent. : Nancy 2021

Mots-clefs :

- posterior crossbite
- diagnostic
- treatment
- therapeutics

Résumé :

- Présentation théorique et clinique de l’occlusion inversée postérieure chez l’enfant
- Définition des bases fondamentales du développement cranio-facial et du rôle morphogénétique neuromusculaire
- Description de la sémiologie et des signes cliniques des anomalies du sens transversal
- Exposition des objectifs et des options thérapeutiques
- Présentation de deux cas cliniques
- Un diagnostic précoce de l’occlusion inversée postérieure permet une prise en charge optimale, réduit les risques de complications, et garantit une stabilité à long terme

Composition du jury :

Président : Pr Eric MORTIER

Membre : Dr Stéphanie JAGER

Membre invité : Dr Kazutoyo YASUKAWA

Codirectrices de thèse : Dr Magali HERNANDEZ

Dr Marilyne SENG

Adresse de l’auteur :

Marie WOLFF FREY
51 rue des 30 jours, 57070, METZ