

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI
FACULTE DE MEDECINE
TIZI OUZOU
Département de Médecine Dentaire



جامعة مولود معمري
كلية الطب
تيزي وزو

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du Diplôme
de Docteur en Médecine Dentaire

Présenté et soutenu publiquement le 17/07/2023

Thème

La Biomécanique des Forces Extra Orales

Réalisé et présenté par :

FILALI BESMA

LARIBI RANIA

CHAKER KAOUTHER

KHALDI NOUR EL HOUDA

DERRADJI DJIHAD

KHEROUS IKRAM

Encadré par :

Dr MISSARA (Maitre-assistant en Orthopédie Dento-Faciale)

Composition du jury :

Pr KACI (Maitre-assistant et chef de Service en Orthopédie Dento-Faciale)

Dr Saheb (spécialiste en OC/E)

Promotion 2022/2023

Remerciements

On tient à remercier tout d'abord le bon Dieu, tout puissant pour la patience, la volonté et la force pour survivre, ainsi que l'audace pour dépasser toutes les difficultés.

Ce mémoire a été réalisé au sein du département de médecine dentaire, faculté de médecine de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. On remercie toutes les personnes qui ont contribué de manière directe ou indirecte, de loin ou de près pour l'aboutissement de ce travail.

On voudrait dans un premier temps remercier, notre encadreur de mémoire Dr. MISSARA, maître assistant en orthopédie dento-faciale, pour le temps qu'il a consacré à nous apporter les outils méthodologiques indispensables à la conduite de cette recherche et surtout pour ses judicieux conseils qui ont contribué à alimenter notre réflexion.

On exprime nos remerciements spéciaux et grand respect à notre président de jury Pr.KACI, Professeur en orthopédie-dento-faciale et Dr.Saheb spécialiste en OC/E pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de juger ce travail.

On tient à témoigner toute notre reconnaissance aux : Dr. BOUDINA et Dr. HAMZAOU, résidents en orthopédie-dento-faciale d'avoir eu l'amabilité de nous faire partager leurs données cliniques pour la réalisation de la partie pratique de notre mémoire. Sans oublier l'important soutien de Dr. BOUAAFIA, assistant en orthopédie-dento-faciale.

Un grand merci à nos familles qui nous ont accompagnés, aidé, soutenu et encouragé tout au long de nos études.

Enfin, on remercie également toute l'équipe pédagogique et les personnels de la clinique dentaire de Tizi-Ouzou.

Dédicace

Grace à Dieu le tout puissant, j'ai achevé la réalisation de ce modeste travail que je tiens très chaleureusement à le dédier à :

Au meilleur des pères et à ma très chère maman qu'ils trouvent en moi la source de leur fierté, qui ont été toujours à mes côtés et m'ont toujours soutenu tout au long de ces longues années d'études et qui ne cessent de me donner avec amour le nécessaire pour que je puisse arriver à ce que je suis aujourd'hui. Merci d'être ma source de force pour affronter les différents obstacles. Puisse Dieu vous accordez une longue vie à vous les deux.

A mes adorables sœurs Aya, Teqwa et Hidaya et mes chers frères Mohsin et Yahia pour leur soutien inestimable et encouragement. Que Dieu vous donne santé, bonheur et surtout réussite.

A mes meilleures amies et membres de mon groupe de mémoire, Djihad, Rania, Nour Elhouda et Besma, celles qui ont fait de mes années de la fac des souvenirs inoubliables, celles qui ont été toujours à mes côtés pendant les moments difficiles. Vous êtes le trésor que le bon Dieu m'a offert. Merci pour votre présence précieuse dans ma vie.

A ma collègue et mon amie Thileli, pour son encouragement son soutien et sa présence positive dans ma vie. Je suis tellement chanceuse de te connaître.

A tous ceux qui me sont chers, aux personnes qui m'ont aidé et encouragé de près ou de loin, qui étaient toujours à mes côtés et qui m'ont accompagné durant mon chemin d'études.

Et à tous qui aiment le bon travail et ne reculent pas devant les défis de la vie.

Chaker kaouther

Dédicace

C'est avec profonde gratitude et sincères mots, que je dédie ce modeste travail de fin d'étude :

*A Mon très cher père **Mohammed** et ma très chère mère **Hakima**, vous êtes ma source d'inspiration, mon soutien inconditionnel et ma plus grande fierté , vous m'avez donné la vie et m'avez enseigné les valeurs qui guident mes pas .Votre amour ,votre sagesse et votre dévouement ont été les fondations de mon épanouissement .Chaque réussite que j'ai obtenu est le reflet de votre influence positive dans ma vie.*

Jamais je pourrai vous rendre ne serait-ce qu'un dixième de ce que vous m'avez donnée , vous êtes ce que j'ai de plus précieux. Que Dieu vous procure bonne santé et longue vie .

*A Mes frères et sœurs : **Dhai Eddine, Abd EL Hak, Imane et Manel** pour leur compréhension et leur grande tendresse et leur encouragement tout le long de mes études . J'espère que nous serons toujours ensemble pour partager encore plus d'aventures.*

A mon beau frère Nour Eddine ,qui est devenu un véritable frère et un ami sur lequel je peux compter .

*A mes petits anges **Ania Éline** et **Lina** qui ont égayé nos jours depuis leur venue au monde.*

A Mes grands-parents, oncles et tantes, cousins et cousines, aux membres de ma famille, petits et grands.

*A Mes adorables copines et quadrinômes :**Besma, Djihade, Kaouther et Rania** en témoignage de l'amitié qui nous unit et en souvenir de nos éclats de rire et des bons moments, en souvenir de tout ce qu'on a vécu ensemble, j'espère de tout mon coeur que notre amitié durera éternellement.*

A tous mes profs qui m'ont transmis leurs savoirs et leur connaissance, je leur dois ma plus grande reconnaissance.

A tous ceux qui me sont chers, à tous ceux que j'aime, à tous ceux qui m'aiment...

Merci.

Khaldi Nour El Houda .

C'est avec grand plaisir que je dédie ce modeste travail :

À toutes les personnes qui m'ont soutenu, aidé et crue en moi durant ce long parcours.

À mes chers parents qui ont investis de leurs temps, leurs patience et leurs efforts et ont mis à ma disposition tous les moyens afin d'assurer mon plus haut confort. pour leur amour, leur soutien et la confiance qu'ils m'ont toujours accordée, j'espère refléter l'image qu'ils attendaient.

À ma grande mère «Míma» pour toutes ses prières, son amour et son affection.

Vous êtes ma source de bonheur et joie et d'énergie, que dieu vous accorder une bonne santé et une longue vie.

À mes chères sœurs «Rachída», «Samíra», et «Souad», mes frères «Islam», «Mouloud», «Alí» et «Saoud» pour leur soutien et encouragement.

À mes chères nièces «María», «Khaoula» et «Omaíma» Que Dieu vous donne santé, bonheur et surtout réussite.

À mes amies d'enfance, mes sœurs de cœur «Hanía» et «boutaina» et toute ma famille.

À mes amies «Soumía», «Souha» et «Asmaa» celles avec qui j'ai passé d'agréables moments, puisse cette amitié être infinie.

À mes copines, mes sœurs et membres de mon groupe de mémoire «Kaouther», «Besma», «Djihad» et «Nour elHouda», Celles avec qui j'ai ri, j'ai été sérieuse, celles qui ont fait de mes années de fac des souvenirs inoubliables ; je garderai toujours en mémoire les rires qu'on partageait ensemble, puisse le temps ne jamais nous séparer.

À tous mes profs qui m'ont transmis leurs savoirs et leur connaissance, je leur dois ma plus grande reconnaissance.

À toutes mes amies et collègues. À tous ceux qui me sont chers.

Laríbí Ranía

Dédicace

Je dédie ce travail:

À mes chers parents,

Qui n'ont jamais cessé de formuler des prières à mon égard, je vous suis infiniment reconnaissante pour votre soutien indéfectible et votre amour inconditionnel. Vos encouragements constants et vos conseils avisés m'ont permis de surmonter les défis durant ces années d'étude.

À mes sœurs,

Amina, Zineb, Hadjer, Manel et Hasna, vous êtes mes sources d'inspiration. Votre soutien sans faille et votre présence réconfortante ont illuminé mon chemin. Vos encouragements enthousiastes et vos mots de félicitations sincères m'ont donné la confiance nécessaire pour persévérer. Je suis honorée de vous avoir comme sœurs et je vous remercie du fond du cœur pour votre amour inconditionnel.

À mes précieuses nièces,

Beissan, Meriem, Anais, Nesrine et Yasmine, à mon neveu **Mohammed Amine**, vos sourires joyeux et votre innocence ont été des sources d'énergie positive tout au long de ce parcours.

À mes amies fidèles,

Aya et Racha, je vous suis reconnaissante de m'avoir soutenue avec une amitié sincère et une écoute attentive. Votre confiance en mes capacités m'a poussée à me surpasser.

À mes chères amies,

Rania, Houda, Kaouther et Djihad, qui ont été mes compagnes tout au long de cette année, je souhaite exprimer ma profonde gratitude pour notre amitié indéfectible, les précieux souvenirs que nous avons créés et notre collaboration fructueuse en tant qu'équipe.

& À tous les gens qui me sont chers.

Besma.

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail

*A mes très chers parents « **Ahmed et Naima** », pour l'amour qu'ils m'ont donné, leur encouragements ; leur soutien inconditionnel ; leur prières et toute l'aide qu'ils m'ont apportée durant ce parcours académique.*

Aucun mot, aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, ma considération, et mon amour pour les sacrifices qu'ils ont consentis pour mon instruction et mon bien-être.

Puisse dieu leur accorder santé, bonheur, prospérité et longue vie.

*A mes chers frères « **Oussama** », « **Islam** » et « **Iskaf** » pour leur dévouement, leur compréhension et leur grande tendresse, qui en plus de m'avoir encouragé tout le long de mes études, m'ont consacré beaucoup de temps et disponibilité, et qui par leur soutien, leurs conseils et leur amour, m'ont permis d'arriver jusqu'à ici car ils ont toujours cru en moi, Merci d'avoir toujours soutenu et merci pour tous les bons moments passé ensemble.*

*À ma grande mère « **Khadidja** » pour toutes ses prières, son amour et son encouragement.*

*A mes meilleures amies et membres de mon groupe de mémoire « **Kaouther** », « **Rania** », « **Nourelhonda** » et « **Besma** » pour leur soutien sans faille, leur compréhension et leur patience tout au long de ces années. Merci pour votre présence précieuse dans ma vie.*

*A mes adorables amies « **Maroua** », « **Hakima** » et « **Amina** » pour leur soutien et encouragement. Que notre amitié perdure encore et encore, et que nous continuions à partager de nombreux moments de bonheur, de complicité et de soutien.*

A toutes mes amies et collègues.

A tous ceux qui me sont chers, à tous ceux que j'aime, à tous ceux qui m'aiment.

Derradji Djihad

D'abord je remercie Allah le tout puissant de m'avoir donné la foi et de l'avoir permis d'en arriver là.

Je dédie ce mémoire :

A mes parents, Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour et ma reconnaissance pour les sacrifices que vous avez fait pour moi, mais je voulais le faire quand même. Je vous remercie pour votre immense soutien, merci d'avoir toujours été là pour me guider, et m'aider à croire en moi dans les moments les plus difficiles. C'est votre amour et affection qui ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui. Je vous aime.

A mes sœurs douces et adorables, Narimen ,Rahil et ma petite Malak, merci pour vos encouragements et pour avoir cru en moi. Je vous aime de tout mon cœur, puisse Dieu vous garder et éclairer votre route.

A mon meilleur ami, frère et bras droit Lounes, toujours à l'écoute de mes pensées et mes projections vers l'avenir, merci pour d'être à mes côtés pour me soutenir et m'encourager.

A ma meilleure amie Leila, qui a toujours été avec moi, je t'aime.

A tous mes autres ami(e)s.

Kherous Ikram

Liste des abréviations

Cs : croissance staturale.

LAD : ligament alvéolo-dentaire.

Cr : centre de résistance.

Cro : centre de rotation.

F1 : force1.

M1 : moment1.

d1 : distance1.

T1 : téléradiographie 1.

RM : résistance mobile.

RS : résistance stable.

FM : force motrice.

ODF : orthopédie dentofaciale.

FEO : force extra-orale.

FEB : force extra-buccale.

ATM : articulation temporo-mandibulaire.

DV : dimension verticale.

AFMP : angle fonctionnel masticatoire de Planas.

DDM : dysharmonie dento-maxillaire.

AP : antéro-postérieure.

HBD : hygiène bucco-dentaire.

DAC : distal active concept.

A.A.O : association américaine des orthodontistes.

dcm :dysfonction cranio-mandibulaire.

OB : overbite.

OJ :overjet.

Liste des figures

Figure 1 : les formes d'ossification.....	2
Figure 2: La courbe de croissance staturale selon Bjork.....	3
Figure 3: radiographie du poignet et de la main gauche.....	4
Figure 4 : les différents stades de maturation des vertèbres cervicales superposent la courbe de croissance de bjork (le pic de croissance se situe entre cs3 et cs4).....	5
Figure 5 : le principe d'inertie.....	9
Figure 6: principe fondamental de la dynamique.....	9
Figure 7 : l'interaction entre les roues et la route.....	10
Figure 8 : système de rétraction de la canine.....	10
Figure 9 : la répercussion de l'application d'une force sur l'équilibre dentaire.....	11
Figure 10 : les composants d'une force.....	11
Figure 11 : les caractéristiques d'une force.....	11
Figure 12 : la force externe.....	12
Figure 13 : la force interne.....	12
Figure 14 : Force discontinue.....	14
Figure 15 : force continue.....	14
Figure 16 : Force intermittente.....	14
Figure 17 : a égression pure, b ingression avec composante linguale.....	14
Figure 18 : point d'application d'une force.....	15
Figure 19 : loi de transmissibilité de la force.....	15
Figure 20: isobarycentre.....	15
Figure 21 : barycentre.....	15
Figure 22: le déplacement de la plaque en bois selon le point d'application.....	16
Figure 23: l'emplacement de centre de résistance selon NANDA.....	17
Figure 24: Déplacement de Cr en rapport avec la lyse osseuse.....	17
Figure 25: centre de résistance des pluriradiculées.....	17
Figure 26: le centre de résistance des différentes dents.....	18
Figure 27: le centre de résistance alvéolodentaire et maxillaire selon Teuscher.....	18
Figure 28 : Le centre de rotation d'un objet.....	19
Figure 29: Cro au niveau du Cr.....	19
Figure 30 : les mouvements de version selon la position de cro.....	19
Figure 31: Cro à l'infini.....	20

Figure 32: la détermination de cro.....	20
Figure 33: les différents mouvements dentaires selon la position du cro (système de force appliqué).....	20
Figure 34: le moment d'une force.....	21
Figure 35: le moment sur une dent.....	22
Figure 36 : le sens de rotation.....	22
Figure 37: couple de forces sur une vis.....	23
Figure 38 : Couple de forces asymétriques.....	23
Figure 39: Version.....	24
Figure 40: torque radiculo-palatin incisif.....	24
Figure 41: rotation molaire	24
Figure 42 : Couple de forces sur une dent.....	24
Figure 43 : couple de forces appliqué au Cr.....	25
Figure 44 : couple de forces au niveau du bracket.....	25
Figure 45 : le mouvement dentaire selon le rapport (Moment de couple/Force).....	25
Figure 46 : système de force en équilibre.....	26
Figure 47 : mouvement de translation.....	28
Figure 48 : ingression pure.....	28
Figure 49: ingression relative.....	28
Figure 50 : mouvement d'égression.....	29
Figure 51 : version non contrôlée.....	29
Figure 52 : version contrôlée.....	30
Figure 53 : mouvement de rotation.....	30
Figure 54 : mouvement de racine.....	31
Figure 55 : Forces d'action et de réaction égales et de sens opposé ($F_1 = F_2$).....	31
Figure 56: arc de nance.....	33
Figure 57 : masque de delaire.....	33
Figure 58 : fronde mentonnière.....	33
Figure 59: ancrage par mini-implants vissés.....	34
Figure 60 : L'appareil de Kingsley.....	36
Figure 61 : force extra orale.....	37
Figure 62 : Masque à appui fronto-mentonnier.....	38
Figure 63: FEB à traction basse.....	38
Figure 64: FEB à traction haute.....	38

Figure 65: anneaux de caoutchouc.....	39
Figure 66: languettes ou traction de sécurité.....	39
Figure 67:Bagues triple tubes	40
Figure 68:Bague double tubes.....	40
Figure 69:Arc facial.....	40
Figure 70: arc facial avec boucles en U.....	41
Figure 71: arc facial avec baionnette.....	41
Figure 72: FEB utilisée seule.....	41
Figure 73: FEB associée à un dispositif fixe multi-attache.....	41
Figure 74: bande à traction cervicale.....	41
Figure 75: casque pour traction haute et dispositif dynamique.....	42
Figure 76: traction de sécurité.....	42
Figure 77: Les différents types de déplacement, au niveau des premières molaires.....	43
Figure 78: les effets des FEB sur bagues sur les dents antérieures et latérales.....	43
Figure 79: Influence des réglages des branches externes sur la version de la molaire d'ancrage dans le plan sagittal. A. Réglage de la longueur. B. Réglage de l'orientation.....	45
Figure 80: Incidence du type de traction sur les composantes de la force exercée A. Traction cervicale. B. Traction intermédiaire. C. Traction haute.....	46
Figure 81: différents types de traction basse.....	46
Figure 82: effets d'une FEB à appui occipitale sur les molaires.....	46
Figure 83 :effets des FEB combinées.....	47
Figure 84 : Influence du type de traction sur la version de la molaire d'ancrage dans le sens vestibulo-lingual.....	47
Figure 85: Vue frontale d'un système de force pour casque occipital avant et après mis en place d'arc transpalatin.....	48
Figure 86: action des FEB dans le plan horizontal.....	48
Figure 87: Vue occlusale d'une FEB symétrique.....	48
Figure 88: les effets des FEB dans le sens horizontal.....	49
Figure 89: Action des FEB sur bagues avec des tubes placés verticalement.....	49
Figure 90:tubes molaires placés verticalement.....	50
Figure 91: FEB asymétrique.....	50
Figure 92: système de forces d'une FEB asymétrique.....	50
Figure 93: Application clinique d'une FEB asymétrique.....	51
Figure 94: force appliquée au Cr de l'arcade maxillaire.....	52

Figure 95: force appliquée à distance du Cr produisant un moment horaire.....	52
Figure 96: force appliquée à distance du Cr produisant un moment anti horaire.....	53
Figure 97:FEB à traction haute avec différents longueurs et positions de l'arc externe.....	53
Figure 98:effets d'une FEB à traction basse sur l'arcade maxillaire.....	53
Figure 99:effets de FEB à traction haute sur l'arcade maxillaire.....	54
Figure 100: effets de FEB combinée sur l'arcade maxillaire.....	54
Figure 101: FEB sur bague tractin basse.....	55
Figure 102: Les différents types de FEB.....	55
Figure 103: FEB sur bague traction haute.....	56
Figure 104: FEB à traction combinée.....	56
Figure 105: Photographies exobuccales montrant l'aspiration de la lèvre inférieure dans le surplomb.....	59
Figure 106: Photographies endobuccales : classe II division 1 avec supraclusion incisive.....	60
Figure 107: Téléradiographie de profil montrant la position normale de l'incisive mandibulaire et la proalvéolie maxillaire.....	60
Figure 108: Radiographie panoramique.....	60
Figure 109: Vues endobuccales pendant le recul des molaires maxillaires.....	61
Figure 110: photographies exobuccales et sourire en fin de traitement.....	61
Figure 111: Photographies endobuccales : occlusion de classe I et correction de la supraclusion.....	61
Figure 112: Téléradiographie de profil et panoramique en fin de traitement.....	62
Figure 113: FEB sur gouttière.....	62
Figure 114: La gouttière de J.Philippe, portée avec le casque de traction haute, l'arc facial est incorporé antérieurement dans la résine.....	63
Figure 115: FEB sur gouttière englobant les secteurs latéraux (d'après Salvadori).....	63
Figure 116: les différents composants de l'arc facial.....	64
Figure 117: les modules de traction.....	64
Figure 118: schéma représentatif des différents effets des FEB sur gouttière.....	65
Figure 119: effets d'une FEB sur gouttière portée 8 mois.....	65
Figure 120: branches externes basses.....	66
Figure 121: branches externes moyennes.....	67
Figure 122: branches externes hautes.....	67
Figure 123: Activateur de croissance.....	69
Figure 124: Activateur associés à une force extra-orale.....	70

Figure 125: Activateur de Teuscher.....	72
Figure 126: Activateur de Chabre.....	72
Figure 127: Activateur de Lautrou de type I (A, B).....	73
Figure 128: Activateur de Lautrou avec FEB antérieure sur charnière.....	74
Figure 129: Activateur de Van Beek.....	74
Figure 130: Force extra-orale sur J Hooks à traction haute sur un jeune patient.....	75
Figure 131: barrette (crochet) en J.....	75
Figure 132 : l'anse de l'arc en J qui vient directement s'insérer dans les crochets soudés.....	76
Figure 133 : l'anneau de l'arc de Schudy vient s'insérer sur l'arc.....	76
Figure 134: forces directionnelles J-Hooks à traction haute appliquées sur l'arc mandibulaire acier entre les incisives latérales et les canines.....	77
Figure 135: la fronde mentonnière.....	79
Figure 136: fronde horizontale.....	80
Figure 137: fronde oblique.....	80
Figure 138: fronde verticale.....	81
Figure 139: le Heaume.....	82
Figure 140: Masque de Delaire(1969).....	83
Figure 141: Masque à cadre.....	83
Figure 142: Masque à tige médiane ou masque de PETIT.....	84
Figure 143: Disjoncteur avec crochets palatins pour traction par masque de Delaire.....	87
Figure 144: Disjoncteur avec crochets vestibulaires pour traction par masque de Delaire.....	87
Figure 145: La gouttière de disjonction.....	88
Figure 146: vue endobuccal de la gouttière de disjonction.....	89
Figure 147: crochet de traction.....	89
Figure 148: Le disjoncteur.....	90
Figure 149: Les élastiques de traction.....	91
Figure 150: les effets du masque.	91
Figure 151: la réorientation horaire du plan d'occlusion.....	93
Figure 152: vue endobuccal du double arc.....	94
Figure 153: Les différentes positions des crochets et leurs effets.....	94
Figure 154: l'orientation des tractions.....	95
Figure 155: la traction moyenne.....	95
Figure 156: réglage défectueux de la traction (traction + /- haute).....	96
Figure 157: système des forces délivrées par le masque.....	96

Figure 158: les mini-plaques maxillaires.....	100
Figure 159: utilisation des mini-plaques d'ancrage avec un masque facial type Delaire.....	100
Figure 160: utilisation des mini-plaques d'ancrage avec les élastiques de traction intermaxillaires.....	100
Figure 161: photos exobuccales de face et de profile.....	102
Figure 162: Overbite au niveau incisif.....	102
Figure 163: Manœuvre de NEVREZE : bout à bout incisif.....	102
Figure 164: Masque de Delaire mis en place.....	103
Figure 165: Photos exo buccal de face et de profile droite après la fin de traitement.....	103
Figure 166: Vue endobuccal de face et de profile droite et gauche après traitement.....	104
Figure 167: Superpositions générales avec évolution des valeurs céphalométriques.....	104
Figure 168: photographie de face	108
Figure 169: photographie du profil.....	108
Figure 170: photographie endobuccale.....	108
Figure 171: vue endobuccale cote droit.....	109
Figure 172 :vue endobuccale cote gauche.....	109
Figure173 :radiographie du profil.....	109
Figure 174 :panoramique dentaire.....	109
Figure 175 :photographie de face.....	111
Figure 176 :photographie du profil.....	111
Figure 177 :photographie antérieure de l'articulé inversé.....	111
Figure 178 :vue endobuccale coté gauche.....	112
Figure 179 :vue endobuccale coté droit.....	112
Figure 180 :téléradiographie du profil.....	112
Figure 181 :panoramique dentaire.....	112
Figure 182 :le tracé céphalométrique.....	113
Figure 183:vue endobuccale de la gouttière JLR scellée en bouche.....	113
Figure 184 :vue endobuccale coté gauche.....	114
Figure 185 :vue endobuccale coté droit.....	115
Figure 186 :vue endobuccale anterieure.....	115

Liste des tableaux

Tableau 1 : les forces nécessaire pour chaque type de déplacement.....	26
Tableau 2 : Tableau comparatif des effets du masque à ancrage dentaire à ceux du masque à ancrage osseux.....	114

Introduction	01
Chapitre I : Rappels et notions fondamentales	02
1. La croissance définitions et notions	02
1.1 Définition	02
1.2 Ostéogenèse	02
1.3 Histogenèse.....	02
1.4 Rythme et taux de croissance	03
1.4.1 Rythme de croissance	03
1.4.2 Taux de croissance	03
1.5 Age dentaire	03
1.6 Age osseux	03
1.6.1 Moyens d'études de l'âge osseux.....	04
2. Les anomalies orthodontiques	05
2.1 Définition.....	05
2.2 Classification des anomalies orthodontiques	05
2.2.1 Les anomalies basales	05
2.2.2 Les anomalies alvéolaires	06
2.2.3 Les anomalies dentaires	07
Chapitre II: la biomécanique appliquée à l'ODF	08
1. Introduction	08
2. Définitions	08
3. Les lois de Newton sur la mécanique de déplacement	09
4. Les notions de base de la biomécanique	10
4.1 La force.....	11
4.1.1 La force orthodontique	12
4.1.2 Les caractéristiques d'une force orthodontique	12
4.1.2.1 Intensité	13
4.1.2.2 Rythme d'application.....	13
4.1.2.3 Direction.....	14
4.1.2.4 Point d'application.....	14
4.1.3 Loi de transmissibilité de la force	15
4.2 Centre de masse et centre de gravité.....	15
4.3 Centre de résistance	16
4.3.1 Le centre de résistance d'une dent « le centroïde ».....	16

4.3.2 Centre de résistance pour une dent unique	18
4.3.3 Centre de résistance pour un groupe de dents.....	18
4.3.4 Le centre de résistance du maxillaire	18
4.4 Le centre de rotation« hypomochlion ».....	18
4.4.1 Le centre de rotation d'une dent.....	20
4.5 Moment d'une force.....	21
4.6 Le couple de forces	22
4.7 Le rapport moment/force	25
4.8 Notion d'équilibre	26
4.9 Notion d'équivalence	27
5. Les mouvements orthodontiques	27
5.1 Translation.....	27
5.2 Ingression	28
5.3 Egression	28
5.4 Version	29
5.4.1 Version non contrôlée.....	29
5.4.2 Version contrôlée	29
5.5 Rotation	30
5.6 Mouvement des racines	30
6. Notion d'ancrage en orthodontie	31
6.1 Concept d'ancrage.....	31
6.1.1 La réciprocité des forces	31
6.1.2 Trinome de Nevreze	32
6.2 Différents types d'ancrage.....	32
6.3 Différents sources d'ancrage	32
6.3.1 L'ancrage naturel passif.....	32
6.3.2 L'ancrage actif ou thérapeutique.....	32
6.3.2.1 Ancrage intra-orale	33
6.3.2.2 Ancrage extra-orale.....	33
6.3.2.3 Les mini-implants vissés.....	33
Chapitre III: les forces extra-orales	35
1. Définition	35
2. Historique	35
3. Description	37

4. Principes généraux des FEB	39
5. Classification	52
5.1 Forces extra-orales à action antéro-postérieure	39
5.1.1 forces extra-orales sur bagues.....	39
5.1.1.1 FEB sur molaires maxillaires	39
5.1.1.1.1 Description	40
5.1.1.1.2 Les indications	42
5.1.1.1.3 Les contre-indications	42
5.1.1.1.4 Les effets des FEB sur bague	43
5.1.1.1.5 Analyse biomécanique et action des FEB	44
5.1.1.1.5.1 Action sur les molaires maxillaires	44
5.1.1.1.5.2 Action sur l'arcade maxillaire	51
5.1.1.1.6 Effets des différents types des forces buccales	55
5.1.1.1.6.1 Traction basse	55
5.1.1.1.6.2 Traction haute	56
5.1.1.1.6.3 Traction moyenne	56
5.1.1.1.6.4 Traction combinée	56
5.1.1.1.7 Réglage des FEB	57
5.1.1.1.7.1 Choix de la traction	57
5.1.1.1.7.2 Réglage des branches internes	57
5.1.1.1.7.3 Réglage des branches externes.....	57
5.1.1.2 FEB sur molaires mandibulaires	58
5.1.1.2.1 Les principes biomécaniques	58
5.1.1.3 Modalités pratiques	58
5.1.1.3.1 Le moment d'application	58
5.1.1.3.2 Le port du dispositif	58
5.1.1.3.3 Intensité	59
5.1.1.4 Cas clinique de la littérature.....	59
5.1.2 Forces extra-orales sur gouttière	62
5.1.2.1 Description	62
5.1.2.2 Mode d'action	65
5.1.2.3 Analyse biomécanique	66
5.1.2.3.1 Contrôle sagittal	66
5.1.2.3.2 Contrôle vertical	66

5.1.2.3.3 Contrôle transversal	67
5.1.2.4 Indications	68
5.1.2.5 contre-indications	68
5.1.2.6 Le port de dispositif	68
5.1.2.7 Avantages	68
5.1.2.8 Inconvénients	69
5.1.3 Forces extra-orales sur activateur	69
5.1.3.1 Définition des activateurs de croissance	69
5.1.3.2 Association activateur et force extra-orale.....	69
5.1.3.3 Mode d'action de l'association activateur force extra-orale	70
5.1.3.4 Les variantes des activateurs associés aux forces extra-orales	71
5.1.3.4.1 Activateur de Teuscher	71
5.1.3.4.2 Activateur de Chabre	72
5.1.3.4.3 Activateur de Lautrou	73
5.1.4 Les forces extra-orales sur barrettes de Whitman(J Hooks).....	74
5.1.4.1 Introduction	74
5.1.4.2 Description	75
5.1.4.3 Indications et actions	77
5.1.4.4 Contre-indications	78
5.1.5 La fronde mentonnière	79
5.1.5.1 Description	79
5.1.5.2 Indications	79
5.1.5.3 Les types	79
5.1.5.3.1 La fronde horizontale	80
5.1.5.3.2 La fronde oblique	80
5.1.5.3.3 La fronde verticale	80
5.1.5.4 Effets de l'appareil	81
5.1.5.5 Port du dispositif	81
5.2 Forces extra-orales à action postéro-antérieure	82
5.2.1 Le masque de Delaire	82
5.2.1.1 Introduction et historique	82
5.2.1.2 Définition	83
5.2.1.3 Description	83
5.2.1.4 Le moment idéal d'intervention par masque de Delaire	85

5.2.1.5 Indications	85
5.2.1.6 Contre-indications	85
5.2.1.7 Classification	86
5.2.1.7.1 La protraction maxillaire par masque facial sur gouttière associé à une disjonction maxillaire	86
5.2.1.7.1.1 La disjonction sur bagues	86
5.2.1.7.1.2 Disjonction sur gouttière	87
5.2.1.7.1.2.1 Description.	87
5.2.1.7.1.2.2 Mode d'action	87
5.2.1.7.2 La protraction maxillaire par masque facial associé au double arc	94
5.2.1.7.2.1 Description	94
5.2.1.7.2.2 Durée de traitement	94
5.2.1.7.2.3 La biomécanique	94
5.2.1.7.2.4 Effets	96
5.2.1.8 Stabilité et récurrence	97
5.2.1.8.1 La stabilité à long terme	97
5.2.1.8.2 Les facteurs de stabilité à long terme.....	98
5.2.1.9 Inconvénients	99
5.2.1.10 Les mini-plaques	99
5.2.1.10.1 Description et utilisation	99
5.2.1.10.2 Les effets des mini-plaques	100
5.2.1.10.3 Les avantages des mini-plaques	101
5.2.1.10.4 Les inconvénients	101
5.2.1.11 Cas clinique de la littérature	102
6. Avantage des forces extra-orales	104
7. Inconvénients des forces extra-orales	105
8. La psychologie appliquée et prise en charge de l'enfant face à un traitement par FEB .	106
9. Actualités des FEB	106
Chapitre IV : partie pratique	107
Conclusion	115
Résumé	120

Introduction

Adultes comme enfants peuvent avoir recours à l'orthodontie pour corriger des défauts de positionnement des mâchoires et des dents.

L'orthodontie venant du grec «orthos »qui signifie droit et « odontos » qui signifie dent, désigne une spécialité dentaire visant à l'amélioration des positions des dents, des formes des arcades dentaires et de leurs rapports, c'est-à-dire des modifications alvéolo-dentaires.

L'orthodontie, utilisé chez les américains inspire les européens qui au même moment élaborent des appareils pour corriger les problèmes de développement des os maxillaires donnant ainsi naissance à l'orthopédie dento-faciale.

Cette dernière, provenant également du grec « orthos » et « paideia » qui veut dire « éducation des enfants » est consacrée à l'étude et au traitement des troubles liés aux anomalies de la forme des mâchoires ou des rapports relatifs des structures maxillo-faciales et selon l'action orthopédique désirée plusieurs types d'appareils sont utilisables parmi eux les forces extra orales ou les forces extra buccales.

Ce travail de recherche s'articule autour de la biomécanique des FEB, ce domaine de l'orthodontie étudie les principes mécaniques et les effets biologiques des appareils de forces externes utilisées dans le traitement des malocclusions, et donc il relève de la compétence du praticien à comprendre la biomécanique des FEB pour concevoir des appareils efficaces et surs, ainsi que pour prévoir les résultats de traitement orthodontique, afin de répondre à la problématique suivante : « comment ces appareils fonctionnent et comment ils influencent les tissus dentaires et osseux ».

Chapitre I : Rappels et notions fondamentales

1. La croissance définitions et notions :

1.1 Définition

La croissance est une série de changements anatomiques et physiologiques de la vie prénatale à l'âge adulte. [1]

1.2 Ostéogenèse

C'est un terme général qui englobe l'ensemble des processus responsables de la construction des pièces osseuses (histogénèse) mais aussi la croissance et les remaniements du tissu osseux.

1.3 Histogénèse

Le tissu osseux, dérive du mésenchyme qui est un tissu embryonnaire provenant de la différenciation du mésoblaste.

Le mésenchyme est caractérisé par des cellules indifférenciées. Au sein de ce dernier il y a augmentation quantitative des fibres de collagène et multiplication cellulaire aboutissant à la formation d'un blastème mésenchymateux squelettogène.

A partir de celui-ci l'os peut se former de 2 façons :

- Par ossification membraneuse.
- Par ossification enchondrale.[2]

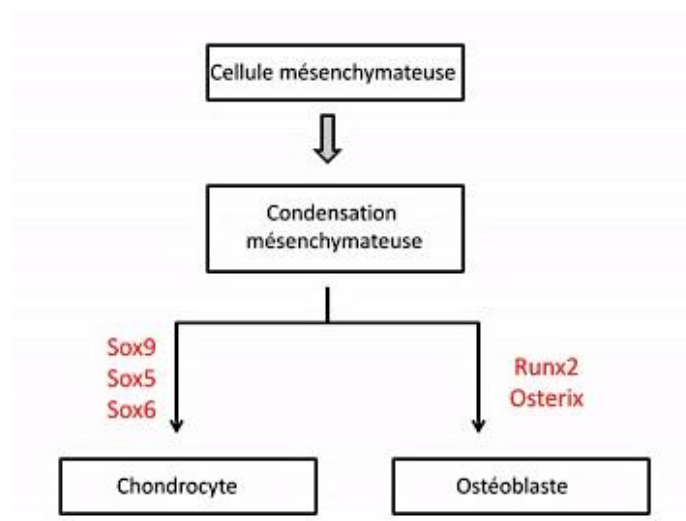


Figure 1: les formes d'ossification.[1]

1.4 Rythme et taux de croissance

1.4.1 Rythme de croissance

La croissance n'est pas un phénomène régulier, elle passe par des phases d'accélération et de décélération de la naissance jusqu'à l'âge adulte.

1.4.2 Taux de croissance

C'est la quantité de croissance (en millimètres par année) qui va en diminuant après la naissance, augmente au moment de la puberté, puis diminue à nouveau, plus lentement chez les garçons que chez les filles. [7]

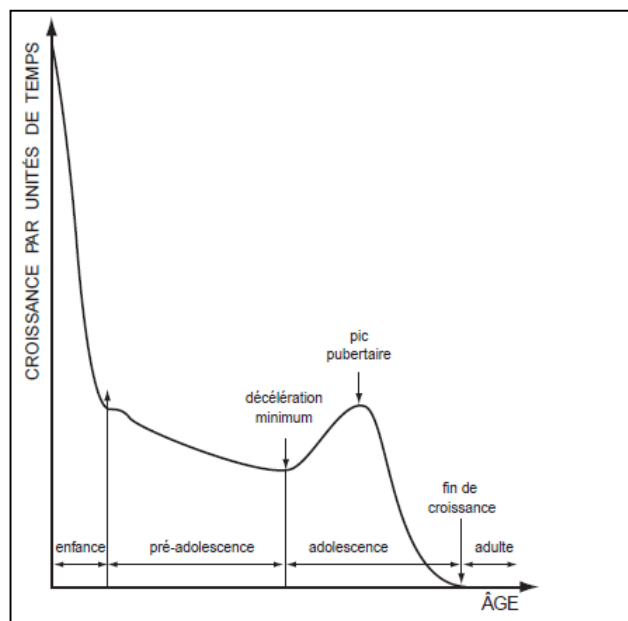


Figure 2 : La courbe de croissance staturale selon Bjork.[7]

1.5 Age dentaire

Il existe une corrélation entre la maturation dentaire et la maturation squelettique :

Bjork a situé les stades suivants sur la courbe de taux de croissance des filles et des garçons

- Apparition des prémolaires ou d'une canine, deux mois après le pic chez les filles et un an et demie avant le pic chez les garçons.
- Apparition d'une 2^{ème} molaire deux mois après le pic chez les garçons et un an après le pic chez les filles. [2,7]

1.6 Age osseux

En orthopédie dento-faciale, il est habituel de déterminer la position de l'enfant sur la courbe de croissance plutôt que de tenir compte de son âge civil.

L'âge osseux c'est le stade de maturation des os d'un sujet, à un moment donné, correspondant à l'activité des cartilages de conjugaison.

Björk a trouvé une forte corrélation entre l'ossification du sésamoïde et le maximum de vitesse de croissance.

L'ossification du sésamoïde annonce la poussée de croissance staturale et la précède en moyenne de 12 mois pour les filles et de 9 mois pour les garçons. [1]

1.6.1 Moyens d'étude de l'âge osseux

La lecture de l'âge osseux se fait classiquement à partir de radiographies du poignet. Cette région comporte de nombreux petits os (sésamoïde) dont l'apparition est progressive. D'autres auteurs utilisent le coude, les vertèbres cervicales, le pied ou le genou. [1]

La lecture de l'âge osseux à partir de :

-La radiographie de la main : les stades de maturation des épiphyses phalangiennes montrent de très fortes corrélations avec la croissance staturale et faciale.

On peut donc à partir de l'analyse de la radio de la main, déterminer pour chaque individu, le stade de maturation qu'il a atteint et le reporter sur la courbe du taux de croissance. [1,2]



Figure 3 : radiographie du poignet et de la main gauche. [2]

-La radiographie des vertèbres

Les vertèbres cervicales visibles sur les téléradiographies de profil peuvent être utilisées pour l'interprétation des signes de maturation staturale et donc faciale. [3,4]

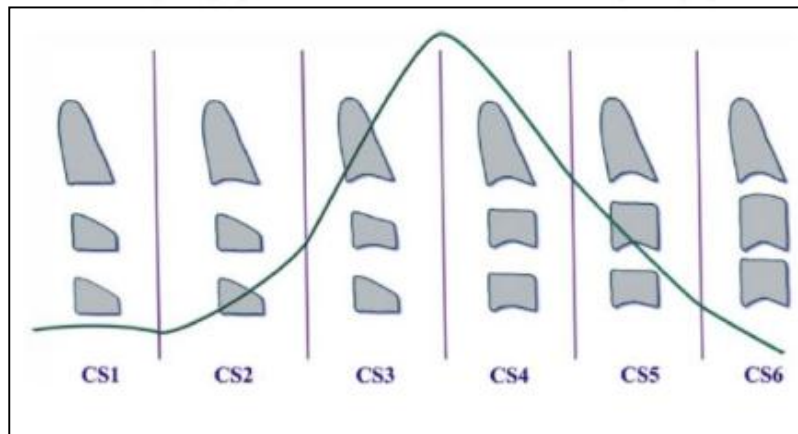


Figure 4: les différents stades de maturation des vertèbres cervicales superposent la courbe de croissance de bjork (le pic de croissance se situe entre cs3 et cs4). [3]

2. Les anomalies orthodontiques :

2.1 Définition

Les anomalies orthodontiques constituent un ensemble de variations dans la morphologie et les fonctions de la sphère oro-faciale, entraînant un préjudice esthétique et/ou fonctionnel. Dans une optique préventive, on peut également définir une anomalie comme ce qui risque de provoquer des conséquences défavorables, à plus ou moins long terme, sur la denture, le parodonte ou l'A. T. M, Cette dernière conception constitue probablement l'orientation future de l'orthodontie, l'amélioration esthétique de la denture et du visage n'étant pas négligée. [8]

2.2 Classification des anomalies orthodontiques

2.2.1 Les anomalies basales

➤ Le sens transversal

-**Endognathie** : correspond à une insuffisance de croissance du maxillaire ou de la mandibule avec une inclinaison normale des prémolaires et des molaires

-**Exognathie** : correspond à un excès de croissance du maxillaire ou de la mandibule avec une inclinaison normale des prémolaires et des molaires

-Troubles de la symétrie faciale

- **La latéro-déviations fonctionnelle** : C'est une anomalie cinétique de position de la mandibule sans atteinte de sa forme.

- **La latérogathie mandibulaire**: C'est une déformation structurale dissymétrique ayant pour conséquence, une déviation du milieu incisif inférieur d'origine squelettique. [6]

➤ Le sens vertical :

-Deepbite:les insuffisances verticales des maxillaires

Désigne une anomalie de développement vertical par défaut des bases maxillaires avec une direction décroissance à tendance horizontale correspondant à une accentuation de type face courte.

-Open bite : les excès verticaux des maxillaires

L'excès vertical correspondant à un excès de développement osseux des maxillaires dans le sens vertical avec une croissance à tendance verticale ce qui entraîne une accentuation de la face longue. [5]

➤ Le sens sagittal :

-La classe II squelettique

Est une dysmorphose du sens antéro-postérieure caractérisée par un décalage basal entre le maxillaire et la mandibule, le maxillaire étant trop en avant par rapport à la mandibule ; et par une vestibulo-version des incisives et surplomb exagéré (classe II division 1) ou par une linguo-version des incisives et surplomb diminué (classe II division 2).

-La classe III squelettique

C'est un décalage des bases squelettiques maxillaire et mandibulaire, elle peut se manifester soit par une prognathie mandibulaire, soit par une brachygnathie maxillaire ou par association des deux formes précédentes. [9]

2.2.2 Les anomalies alvéolaires :

➤ Le sens transversal :

-L'endoalvéolie : Est une anomalie morphologique du sens transversal caractérisée par une inclinaison linguale de l'un ou des deux secteurs latéraux maxillaires et /ou mandibulaire.

-L'exoalvéolie : correspond de largeur excessive des arcades sur une base osseuse normale du fait de l'inclinaison vestibulaire des secteurs latéraux.

➤ Le sens vertical :

-La supraclusie : correspond à une insuffisance de croissance verticale localisée au niveau du secteur alvéolaire incisif et caractérisée par un recouvrement incisif exagéré (plus de 3mm).

-Infracclusion antérieur ou béance antérieur : Dans les cas d'infracclusion le recouvrement incisif est diminué voire négatif. On parle alors de béance antérieure. Il faut savoir que **la béance latérale** peut également être observée mais elle est moins fréquente. [8]

➤ **Le sens sagittal :**

-La proalvéolie : Est une anomalie alvéolaire du sens antéro- postérieur, localisée aux incisives, et caractérisée par une inclinaison vestibulaire exagérée des incisives supérieures ou inférieures.

-La rétroalvéolie : Est une anomalie alvéolaire du sens antéro- postérieur, localisée aux incisives et caractérisée par une linguo-version des incisives supérieures ou inférieures. [8]

2.2.3 Les anomalies dentaires

➤ **Les anomalies de forme**

Elles peuvent atteindre une ou plusieurs dents, symétriques ou asymétriques. Elles s'observent surtout en denture permanente.

➤ **Les anomalies de volume**

-La microdontie (nanisme dentaire).

-La macrodontie (gigantisme dentaire).

➤ **les anomalies de structure**

-Les anomalies primaires (génétiques): l'amélogénèse imparfaite, la dentinogénèse imparfaite.....

-Les anomalies acquises : l'hypoplasie partielle de l'émail, la fluorose dentaire.

➤ **Les anomalies de nombre**

-Les anomalies dentaires par défaut : Hypodontie

- **L'agénésie :** correspond à l'absence d'une unité dentaire.
- **Oligodontie :** c'est l'absence de plus de 6 dents (agénésies multiples).
- **Anodontie :** lorsqu'il n'y a aucun organe dentaire.

-Les anomalies dentaires par excès: hyperodontie, polyodontie

L'hyperodontie, ou polyodontie ; est une augmentation quantitative d'une formule dentaire normale.

- **Les dents supplémentaires :** ces dents présentent une forme harmonieuse et un volume à peu près identique à la dent habituelle.

- **Les dents surnuméraires:** dents dont la forme est altérée. [8]

Chapitre II : la biomécanique appliquée à l'ODF.

1. Introduction

L'orthodontie a été toujours considérée comme une spécialité mécanique ; parce qu'elle utilise des dispositifs déployant des forces pour corriger les dysmorphoses maxillo-faciales, elle est basée sur la physique et la mécanique newtonienne appliquée sur un système biologique. [10]

Bien entendu, les mouvements orthodontiques sont plus compliqués du fait que ces corps en mouvement se retrouvent dans la bouche et sont soumis à des systèmes de forces plus complexes que la simple mécanique ne puisse prédire . [10]

Une fois le diagnostic posé, l'établissement d'un plan de traitement permettant l'obtention des résultats satisfaisants tant sur le plan esthétique que fonctionnel nécessite une véritable maîtrise théorique et pratique des différents principes biomécaniques fondamentaux.

Donc il est de notre devoir de connaître et de respecter les lois qui régissent cette science pour prévenir les effets néfastes. [10]

2. Définitions

Bios : c'est la vie.

La mécanique : c'est la science qui décrit les effets des forces sur les corps.

La biomécanique : c'est l'application des lois de la mécanique à la biologie ou à la médecine (selon LE PETIT LAROUSSE) [21]

La biomécanique est la mécanique appliquée au vivant, elle permet de proposer des solutions à des problèmes médicaux, biologiques et sportifs et aide à comprendre le fonctionnement d'un organisme. [15]

La Biomécanique se regroupe en :

-Statique : La statique étudie les corps en équilibre (au repos ou en mouvement rectiligne uniforme).

-Dynamique : La dynamique relie le mouvement des corps aux forces qui le produisent; ainsi que l'analyse de sa position, sa trajectoire, sa vitesse et son accélération. [16]

Biomécanique orthodontique : Le déplacement dentaire lors d'un traitement orthodontique quoi qu'il soit nécessite l'application de forces au sein d'un système biologique. La biomécanique étudie les effets de ces forces dans les trois dimensions de l'espace et quelle que soit la technique utilisée, elle s'applique à tout dispositif, de la même manière et avec les mêmes règles. [17]

Biomécanique orthopédique : Les forces entraînant des déformations squelettiques sont souvent estimées à partir des propriétés mécaniques des tissus biologiques. Il y a donc des prédictions de la correction espérée par la biomécanique qui répond au traitement des relations existantes entre les structures et fonctions du système musculo-squelettique et les mouvements des systèmes biologiques. [18]

La connaissance de la mécanique et de ses effets permettra de choisir l'appareil, la technique et le système de forces le plus adapté en fonction du patient et du type de déplacement dentaire souhaité.

3. Les lois de NEWTON sur la mécanique de déplacement

➤ Première loi ou principe d'inertie

Dans un référentiel galiléen, tout système reste immobile ou conserve un mouvement rectiligne uniforme aussi longtemps que la somme vectorielle des forces extérieures est nulle.

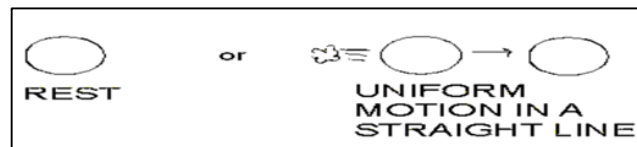


Figure 5 : le principe d'inertie. [10]

➤ Deuxième loi ou principe fondamental de la dynamique

La somme vectorielle des forces extérieures s'exerçant sur un solide (masse constante) est proportionnelle à son accélération.

$$\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m \cdot \vec{a}$$

m est la masse du solide en kg et **a** est l'accélération en N/kg ou m/s². [10]

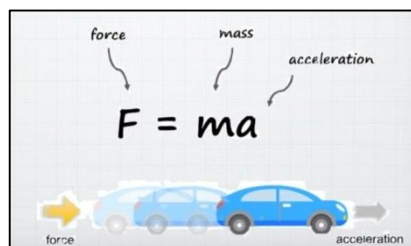


Figure 6: principe fondamental de la dynamique. [47]

➤ Troisième loi ou principe d'action et de réaction

La troisième loi de Newton stipule que pour chaque action ou force, il y a une force réactionnelle égale (en direction opposée). Selon cette loi, chaque fois que deux objets interagissent, ils exercent des forces d'action et de réaction l'un sur l'autre. Avec toute interaction, il y a une paire de forces.

Le montant de la force sur le premier objet est égal au montant de la force sur le deuxième objet, et la direction de la force sur le premier objet est dans la direction opposée à la direction de la force sur le deuxième objet.

Observez l'interaction entre les roues d'une automobile et la route. Lorsque les roues tournent, elles exercent une force sur la route. À son tour, la route exerce une force sur les roues qui est égale en amplitude et dans une direction opposée à la force que la route reçoit des roues. Dans un sens, les roues poussent la route vers l'arrière et la route pousse les roues vers l'avant (forces égales et opposées), permettant à l'automobile d'avancer.

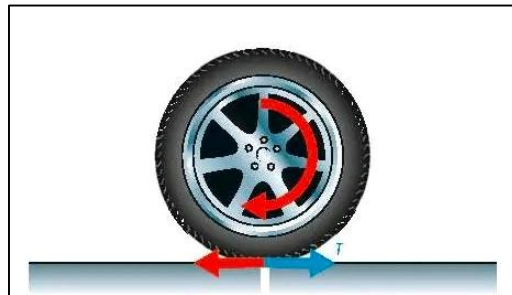


Figure 7 : l'interaction entre les roues et la route. [16]

C'est surtout la 3^{ème} loi qui régit les forces orthodontiques appliquées au cours d'un traitement et aide à comprendre l'origine des répercussions tridimensionnelles issues de la mise en place d'un système de force : les effets secondaires ou indésirables.

Un exemple de systèmes d'action/réaction dans la bouche serait un système de rétraction de la canine. Le dispositif tire la canine vers l'arrière avec une amplitude de force donnée. L'appareil utilisant les molaires comme ancrage engendre une force de même amplitude et en direction opposée tirant les molaires vers l'avant. Cela peut s'avérer être un effet secondaire indésirable. Lors de la planification du traitement, les effets secondaires indésirables doivent être pris en compte et éliminés ou à tout le moins, minimisés. [10]

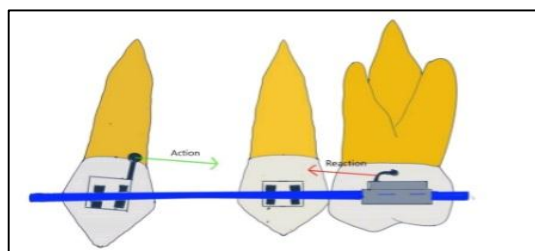


Figure 8 : système de rétraction de la canine. [10]

4. Les notions de base de la biomécanique

La dent est un solide indéformable, sa racine est insérée dans une alvéole osseuse rigide à laquelle elle est reliée par un milieu élastique c'est le LAD. La dent est donc en équilibre dans

ce milieu élastique, un système de force exercé provoque une modification de cet équilibre, ce mouvement primaire est limité par la forme géométrique de l'alvéole osseuse. [20]

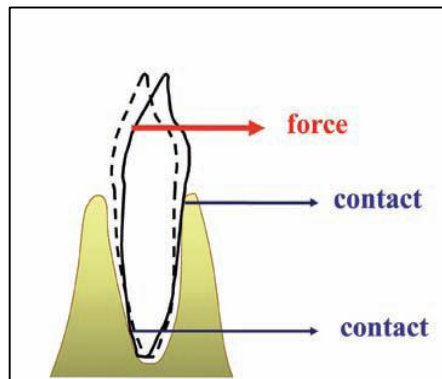


Figure 9 : la répercussion de l'application d'une force sur l'équilibre dentaire. [20]

4.1 La force

Selon LAMORLETTE, « toute cause capable de mettre en mouvement ou de changer la forme d'un corps » [22]

Une force est définie par un vecteur à 2 composantes : une horizontale et autre verticale. [15]

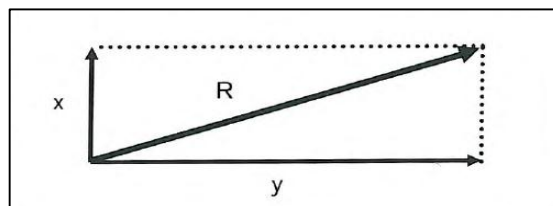


Figure 10 : les composants d'une force. [23]

Elle est définie par : Sa direction (axe), son point d'application (O : origine), son sens (flèche), son intensité (longueur).

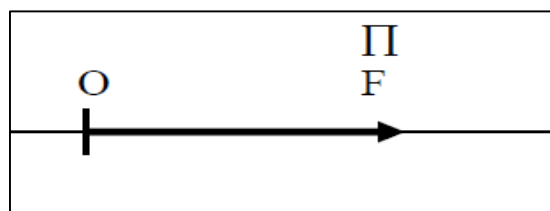


Figure 11 : les caractéristiques d'une force. [25]

Il existe 2 types de forces: - interne = force musculaire : action musculaire (contraction)
- externe = attraction terrestre : contrainte (gravité, réaction...)[25]

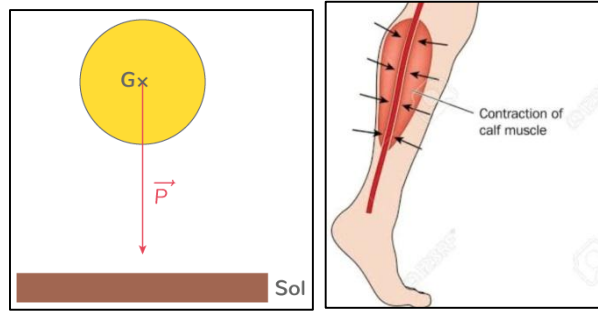


Figure 12: la force externe. [15] Figure 13 : la force interne. [15]

La force agissant sur les dents peut être :

- naturelle comme lors du processus d'éruption normale des dents pendant la croissance et le développement.
- causée par des habitudes comme le suçage de doigts.
- générée par la musculature lors des différentes fonctions et parafunctions (langue, musculature péri-orale hypertonique).
- une application volontaire par le moyen d'appareils orthodontiques divers.

-Les appareillages utilisés en orthopédie dento-faciale délivrent soit des forces intrinsèques ou des forces extrinsèques et dont les indications d'utilisation découlent de leurs caractéristiques d'action.

=> Les forces intrinsèques : l'appareil ne délivre pas de force en lui-même, il utilise un intermédiaire (les muscles) afin d'effectuer les modifications et ce sont les appareils dits « fonctionnels » ; ex : l'activateur.

=> Les forces extrinsèques : l'appareil (amovible ou fixe) permet d'appliquer un certain type de force, plus ou moins contrôlée, sur une dent ou un groupe de dents, à l'aide de ressort, d'arc, d'élastique, etc. ; ex : masque de Delaire.

L'utilisation de ces dispositifs implique la compréhension de leur mode d'action, c'est-à-dire de leurs caractéristiques biomécaniques. [26]

4.1.1 La force orthodontique C'est l'action d'un dispositif orthodontique sur une ou plusieurs dents s'exprimant sous forme de pression ou de contrainte dont le but est de provoquer un déplacement dans une direction choisie : force simple ou système de forces, force horizontale ou verticale. L'unité utilisée dans la mesure d'une force orthodontique est le gramme (forces légères) ou le kilogramme (en cas de forces lourdes), l'once : 1once=28,35g. [27]

4.1.2 Les caractéristique d'une force orthodontique La force est caractérisée par :

- ✓ Le module ou l'intensité de la force en NEWTON exprimé en gramme en ODF.
- ✓ Le point d'action ou le point d'origine.

- ✓ La direction : horizontale, verticale ou oblique.
- ✓ Le sens (une direction a deux sens).
- ✓ Le rythme d'application. [28]

4.1.2.1 Intensité Comme une force est un vecteur, sa direction est représentée par une flèche dont son module représente l'amplitude de la force ou son intensité.

Une force appliquée sur une couronne dentaire se transforme en pression au niveau de desmodonte selon son intensité, on distingue : des forces orthodontiques (80 à 160 g) applicables à la région alvéolodentaire et des forces orthopédiques (à partir de 400 g) à action plus squelettique et réservées au sujet en croissance. [7]

Les forces utilisées en orthodontie sont dites « biologiques », c'est-à-dire comprises entre un seuil minimum, suffisant pour induire le déplacement dentaire et un seuil maximum en fonction du seuil de sensibilité du patient (tolérance à la douleur). La force optimale que l'on peut développer lors d'un déplacement dentaire provoqué est celle qui a le meilleur rendement en vitesse de déplacement dentaire, qui permet donc d'obtenir le rapport vitesse/force maximal sans dommage irréversible des racines, de l'os alvéolaire et du ligament alvéolodentaire. Selon PROFFIT : « la force optimale devrait être juste suffisante pour stimuler l'activité cellulaire sans oblitérer les vaisseaux sanguins du ligament ». Elle varie selon les individus, l'âge, le sexe, pour le même patient selon la dent sur laquelle la force est appliquée et le rapport force/moment. Il a établi un tableau des forces à appliquer à la dent en fonction du type de mouvement désiré : [12]

Type de déplacement	Forces
Version	50-75g
Gression	100-150g
Redressement radiculaire	75-125g
Rotation	50-75g
Egression	50-75g
Ingression	15-25g

Tableau 1 : les forces nécessaires pour chaque type de déplacement. [12]

4.1.2.2 Rythme d'application On distingue :

➤ **force continue** : l'énergie délivrée par le dispositif orthodontique est très progressivement décroissante et soumet les tissus péri-dentaires à des longues périodes d'activité sans aucun repos (vitesse de décharge faible) En technique fixe par exemple : ressort comportant nombreuses boucles, la force est dite « légère »

➤ **force discontinue** : l'énergie libérée par le système mécanique diminue très rapidement dès que la dent commence à se déplacer. La réponse biologique induite s'interrompt progressivement. Par exemple : une boucle simple sur un arc rectangulaire; ressort cantilever, la force est dite : « lourde »

➤ **Force intermittente** : des périodes sans dispositif actif alternent avec des périodes où un dispositif actif est en place.

Par exemple : port d'une force extra-buccale 14H/24H. [13]

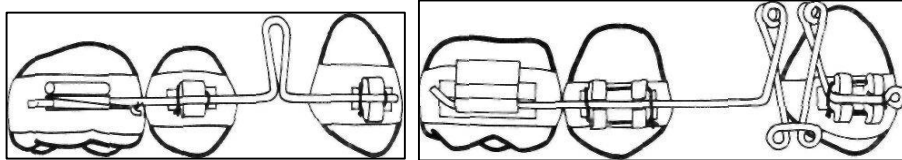


Figure 14 : Force discontinue [13] Figure 15: force continue. [13]

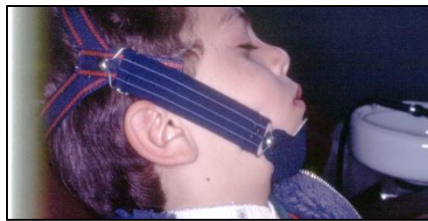


Figure 16 : Force intermittente [13]

4.1.2.3 Direction

La direction de la force est indiquée par la flèche et la magnitude par la longueur de cette flèche par convention.

Direction verticale : dans le sens de l'éruption ou dans le sens opposé.

Direction horizontale : dans le sens mésio-distale ou vestibulo-palatin (lingual). [13]

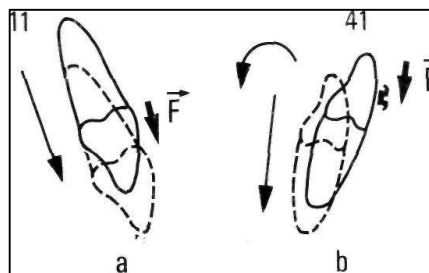


Figure 17 : **a** égression pure, **b** ingression avec composante linguale. [14]

4.1.2.4 Point d'application Le point d'application de la force est l'endroit où la force est appliquée sur l'objet et, par convention, l'origine de la flèche. L'emplacement du point d'application de la force est lié au centre de masse car cet emplacement précis déterminera la tendance de l'objet à se déplacer ou à tourner lorsqu'il est soumis à cette force.

Dans la Figure, les forces représentées en rouge et vert ont un point d'application commun mais des directions différentes. [10]

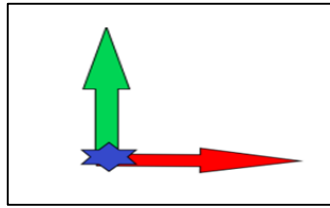


Figure 18 : point d'application d'une force. [10]

4.1.3 Loi de transmissibilité de la force

L'effet d'une force sur un corps est le même, peu importe où cette force est appliquée sur la ligne d'action. Par exemple, si la ligne d'action est le grand axe de la dent, il importe peu que la force soit appliquée au bout incisif, au boîtier ou au cingulum. Tant que la force demeure dans la même direction et avec la même amplitude, l'effet reste le même. [10]

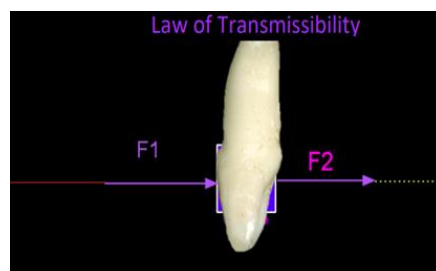


Figure 19: loi de transmissibilité de la force. [10]

4.2 Centre de masse et centre de gravité

✓ Le centre de gravité : point d'application du poids, il dépend essentiellement de champ de gravitation auquel le corps est soumis, ce champ est la plus part du temps uniforme (centre de gravité = centre d'inertie).

✓ Le centre de masse : également appelé barycentre, est un concept en physique qui représente le point où la masse totale d'un objet ou d'un système est considéré comme étant concentré. Contrairement au centre de gravité, le centre de masse ne tient pas compte des effets de gravité, mais se base uniquement sur la distribution de la masse.

Si les masses sont toutes identiques, c'est l'isobarycentre. [29]

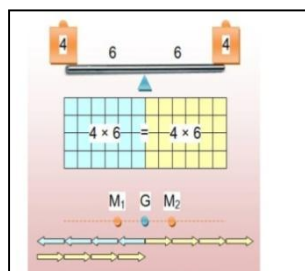


Figure 20 : isobarycentre. [29]

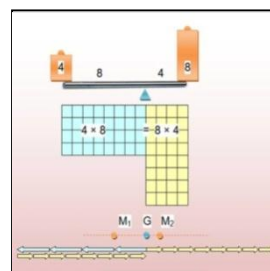


Figure 21 : barycentre. [29]

En cas d'un objet homogène symétrique par rapport à un axe ou un plan, son centre de masse, centre de gravité, centre géométrique et barycentre seront confondus. En parlant sur les dents qui sont implantées dans leurs alvéoles et soutenues par leurs parodontes ne sont pas des objets libres d'où l'apparition d'un **centre de résistance**.

4.3 Centre de résistance Le centre de résistance Cr est le point d'un solide par lequel il suffit de passer la ligne d'action d'une force d'intensité, de direction, de point d'action et de sens quelconque pour obtenir une translation de ce solide. [28] Le Cr se trouve à l'intérieur du solide, sa localisation dépend de : sa forme, sa composition et du milieu dans lequel il se trouve. Il est complètement indépendant du système mécanique utilisé.

EXEMPLE : une plaque de bois glisse sur une table horizontale ; une force exercée en un point quelconque M provoque en général surtout une rotation, accessoirement une translation dans le sens de la force.

En déplaçant le point d'application M , il est possible d'en trouver un tel que la plaque de bois glisse sans rotation : on dit alors que l'axe de la force passe par le centre de résistance Cr .

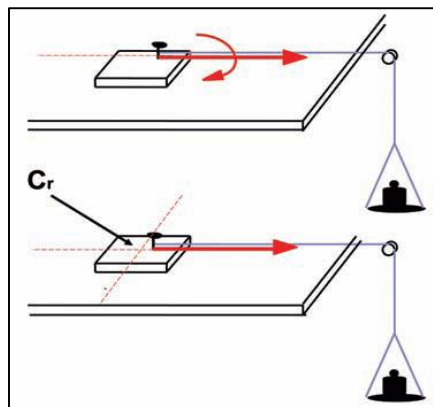


Figure 22: le déplacement de la plaque en bois selon le point d'application. [20]

4.3.1 Le centre de résistance d'une dent « le centroïde » Est un concept important en orthodontie car les dents ne sont pas des corps libres, les racines étant retenues à l'os alvéolaire par le ligament parodontal. Le centre de masse et le centre de résistance ne sont pas situés au même endroit. Il s'agit d'un point par lequel doit passer la ligne d'action d'une force appliquée à une dent pour obtenir un mouvement de translation pure aussi appelé un mouvement de gression. [28]

Le Cr est totalement indépendant des forces appliquées, sa position dépend de :

- du solide (forme et propriétés), pour la dent : longueur, nombre et forme des racines.

○ du milieu (propriétés) dans lequel il se trouve, pour le parodonte : hauteur et densité de l'os alvéolaire essentiellement.

Le centre de résistance est alors une caractéristique de chaque dent dans son contexte parodontal. [7]

✓ Selon BURSTON Il se situe à 40 % de la longueur de la racine en partant de l'apex et donc 60% en partant du collet.

✓ Selon NANDA, il est légèrement plus apical que le centre de gravité à cause de desmodonte, il est situé à peu près au milieu de la racine clinique.

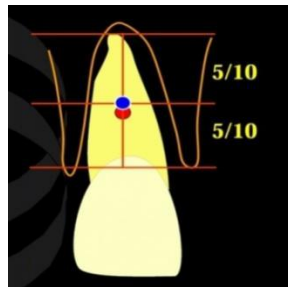


Figure 23: l'emplacement de centre de résistance selon NANDA. [30]

Cette position correspond à un os alvéolaire sain chez un patient jeune. Si on prend la dent dans sa globalité, il est situé au 1/3 apical.

Quand on a un affaiblissement des remparts alvéolaires : le Cr se déplace vers l'apex.

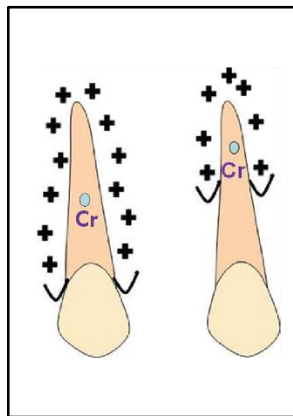


Figure 24: Déplacement de Cr en rapport avec la lyse osseuse. [28]

Approximativement, ce centre de résistance se situe :

Pour une monoradiculée : entre le milieu et le tiers apical de la racine
Pour une pluriradiculée : dans la zone de furcation.

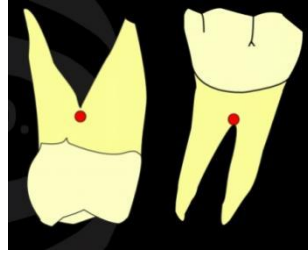


Figure 25: centre de résistance des pluriradiculées. [30]

4.3.2 Centre de résistance pour une dent unique Dans les cas où le support parodontal est constant, le centre de résistance des différentes dents sera à des niveaux différents. Les canines supérieures auront un centre de résistance plus élevé tandis que les prémolaires et les incisives latérales auront un centre de résistance plus bas.

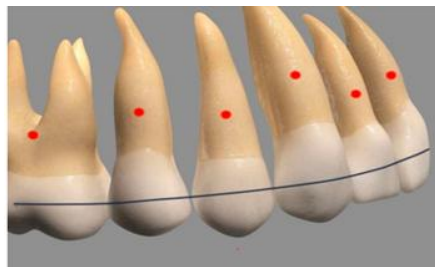


Figure 26: le centre de résistance des différentes dents. [10]

4.3.3 Centre de résistance pour un groupe de dents Lorsque les dents sont liées ensemble par des boîtiers et des fils, un nouveau centre de résistance est créé et le groupe de dents est désormais considéré comme un seul objet.

Le centre de résistance de l'arcade dentaire globale se situe :

– pour le maxillaire entre les 2 prémolaires ; 1/3 apical sur la ligne médiane. – pour la mandibule entre la 2^{ème} prémolaire et la 1^{ère} molaire sur la ligne médiane.

4.3.4 Le centre de résistance du maxillaire Situé au niveau du sinus maxillaire (apophyse malaire). [10]

- Selon Teuscher, il existe deux centres de résistance : Cr1 : centre de résistance alvéolo-dentaire qui correspond au Cr composé par l'ensemble des unités dentaires maxillaires, il est situé au tiers apical entre les racines de la 1^{ère} et la 2^{ème} prémolaire maxillaires. Cr2 : de résistance de l'os maxillaire entier, situé au niveau du sinus maxillaire.

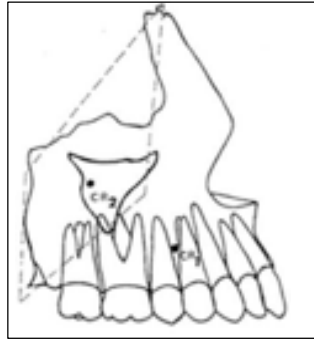


Figure 27: le centre de résistance alvéolodentaire et maxillaire selon Teuscher. [28]

4.4 Le centre de rotation « hypomochlion » C'est le point autour duquel un mouvement du solide s'effectue. Il dépend directement du système mécanique utilisé. [11]

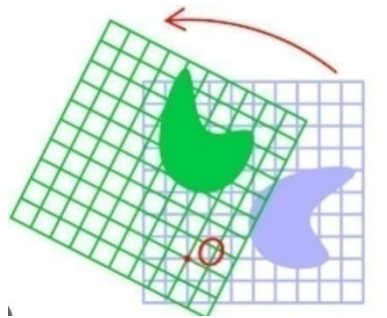


Figure 28 : Le centre de rotation d'un objet. [24]

Le Cro peut être au niveau du Cr, il s'agit d'un mouvement de rotation pure (axiale) ou version pure (latérale).

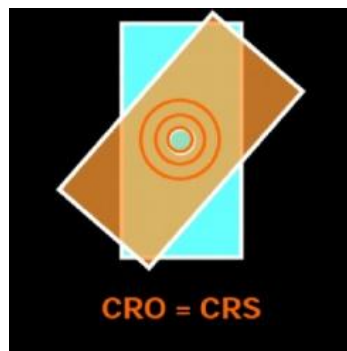


Figure 29: Cro au niveau du Cr. [30]

Le Cro peut être à distance du Cr, il s'agit d'un mouvement de version avec déplacement.

Au niveau dentaire il pourrait être apical ou coronaire.

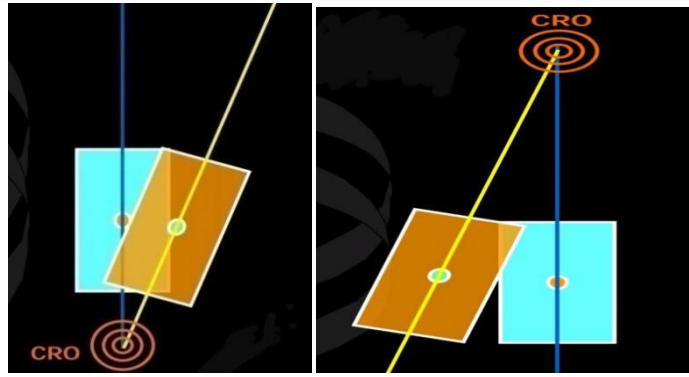


Figure 30 : les mouvements de version selon la position de cro. [30]

Le Cro peut être à l'infini, il s'agit d'un mouvement de pure translation ou de gression.

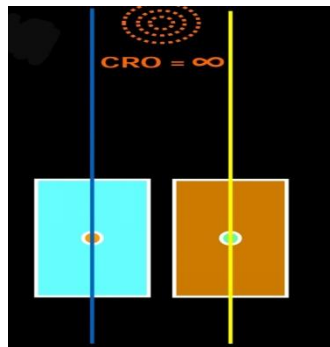


Figure 31: Cro à l'infini. [30]

4.4.1 Le centre de rotation d'une dent Le centre de rotation d'une dent correspond au point autour duquel tourne la dent si on lui applique une force qui ne passe pas par son centre de résistance. [17]

Pour identifier le centre de rotation autour duquel la rotation de la dent se produit, choisissez deux points quelconques sur la dent (ou l'objet) et tracez une ligne entre les positions avant et après la rotation de chaque point. Le point d'intersection entre les droites perpendiculaires est le centre de rotation. [10]

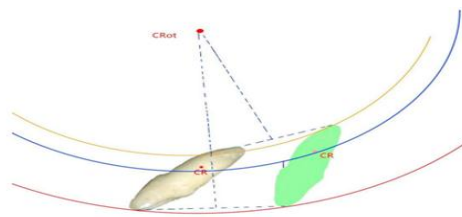


Figure 32: la détermination de cro. [10]

Le Cro est dépendant de système de forces appliquées :

- il peut être au niveau du Cr pour un mouvement de version pure.
- Il peut être coronaire pour un mouvement de torque radiculaire.
- Il peut être radiculaire pour un mouvement de version coronaire.
- Il peut être à l'infini pour un mouvement de gression.

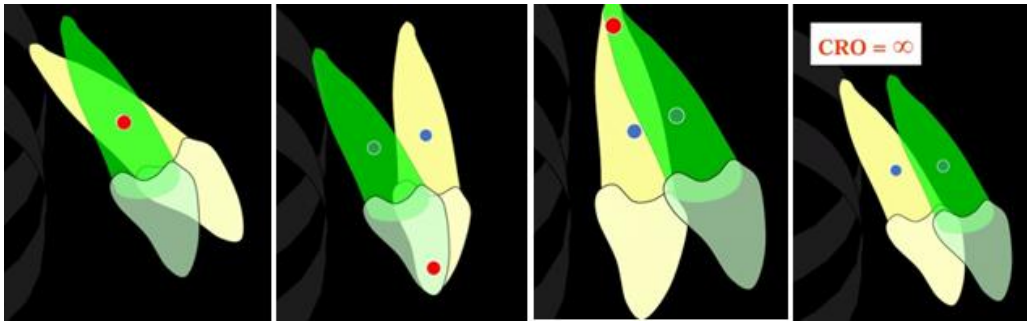


Figure 33 : les différents mouvements dentaires selon la position du cro (système de force appliqué). [30]

La situation de centre de rotation n'est pas une propriété de la dent ni une propriété du milieu, et à la différence du centre de résistance, n'est pas obligatoirement situé sur la dent. [7]

Une force ne passant pas par le centre de résistance provoque une combinaison de rotations et de translations.

Cette combinaison représente un pivotement de tous les points de la dent autour du « centre de rotation » [28]

4.5 Moment d'une force

Le terme moment de la force provient du latin ; movimentum=mouvement, c'est la capacité d'une force de provoquer ou d'arrêter la rotation d'un corps.

Une force dont la ligne d'action ne passe pas par le centre de résistance d'un corps produit une rotation, qui se traduit au niveau de celui-ci par un moment. Ce moment quantifie la rotation.

Son intensité est égale au produit de l'intensité de la force, par la distance perpendiculaire à la ligne d'action, passant par le centre de résistance de ce corps, selon la formule suivante :

$$M(f) = F * D \text{ (g.mm)}$$

F : la force en g.

D : la distance orthogonale entre le Cr et la ligne d'action de la force en mm.

M : le moment en g.mm. [7,28]

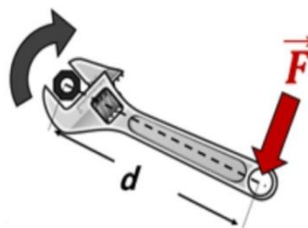


Figure 34: le moment d'une force. [25]

En physique le moment M est dite positif s'il fait tourner le solide dans le sens inverse des aiguilles d'une montre (sens anti-horaire), et dite négatif s'il le fait tourner inversement (le sens horaire).

Le sens de la rotation du solide dépend simultanément de : sens de la force, son point d'application par rapport au Cr. [30]

En orthodontie, sur une dent : le moment a un sens giratoire qui est le même que celui de la force au départ :

- positif(+) : s'il fait tourner la dent dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.
- négatif(-) : s'il fait tourner la dent dans le sens des aiguilles d'une montre.

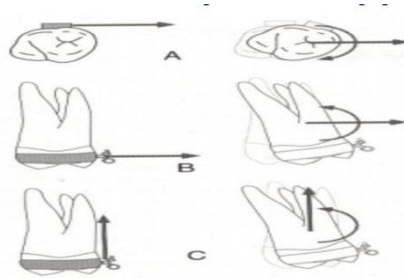


Figure 35 : Le moment sur une dent. [31]

Ici on applique une force sur la couronne donc à distance de Cr de la dent. Le système équivalent à la force au niveau du Cr est l'association de la force et du moment.

Sachant que le moment se calcule : $M = F \times d$ (N.cm). M correspond au moment, F à l'intensité de la force qui part du Cr et d à la distance qui correspond au bras de levier.

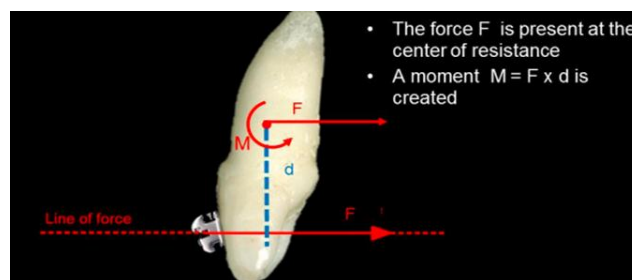


Figure 36 : le sens de rotation. [10]

Comme le moment dépend de la magnitude de la force et de la distance perpendiculaire au centre de résistance, il est possible d'obtenir le même effet rotatif en doublant la distance et en réduisant de moitié l'ampleur de la force ou vice versa. [32]

4.6 Le couple de forces

Il s'agit de deux forces de la même direction, de la même intensité mais de sens opposé et de points d'application différents.

Par rapport au Cr ; les deux forces peuvent être symétriques ou asymétriques.

Si le couple de forces est symétrique autour de Cr (à la même distance d), cela donnera :

$$M1=F1*d$$

$$M2=F2*d \text{ [30]}$$

Le moment d'un couple de forces $M(c)$, dont les forces sont d'intensité égale, correspond au produit de l'intensité d'une des deux forces $F(c)$ par la distance orthogonale entre les deux lignes d'action $d(c)$:

$$M(c)= F(c)*d(c) \text{ (g.mm) [30]}$$

Exemple : notons que la vis de cette figure est soumise à deux forces. Les forces sont parallèles mais ont des sens opposés si nous les additionnons, la force résultante est de 0 gr, la vis ne ressent aucune force. Le moment cependant est égal à une force multipliée par la distance perpendiculaire à l'autre force.

$$M= 50g * 20 \text{ mm} = 1000 \text{ g.mm}$$

Ce moment spécial a tendance à produire une rotation pure et peut être appelé soit un moment pure soit un couple.

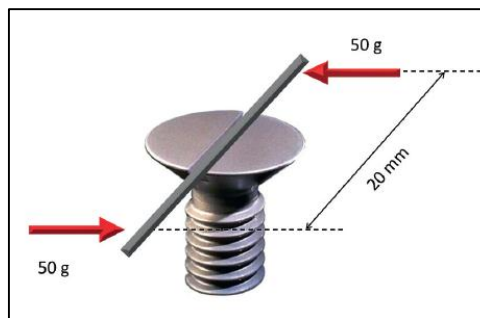


Figure 37: couple de forces sur une vis. [33]

Si le couple de force est asymétrique autour de Cr, (à des distances d inégales), cela donnera :

$$M1=F1*d1$$

$$M2=F2*d2$$

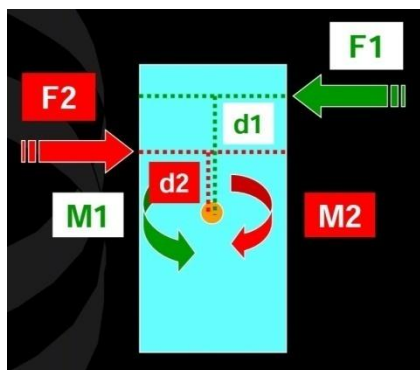


Figure 38 : Couple de forces asymétriques [30]

A noter qu'un couple de forces crée un mouvement de rotation pure quels que soient ses points d'application par rapport au Cr.

Dans certaines situations (torque, version, dérotation...), deux forces sont réunies pour réaliser un mouvement, elles constituent un couple de forces.

Un couple de force est composé par 2 forces :

- De même intensité
- De lignes d'action parallèles non confondues
- De sens opposés.

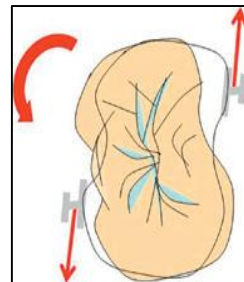
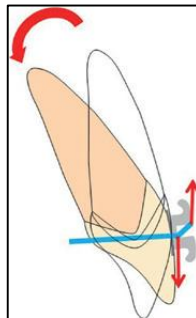
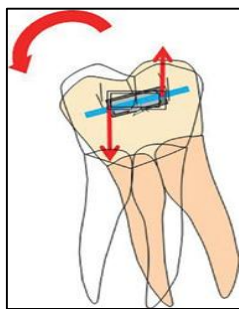


Figure 39 : Version Figure 40: torque radiculo-palatin incisif Figure 41: rotation molaire [7]

Si les deux forces s'annulent et il ne reste que les moments : leur différence est uniquement liée à la différence des points d'application.

Ici les forces F_1 et F_2 s'annulent, car leurs intensités sont équivalentes, il reste les moments résiduels.

En effet, si nous travaillons au niveau du système équivalent au centre de résistance (Cr), nous avons

F_1' et F_2' , pour chaque force appliquée nous avons un moment équivalent au centre de résistance.

- La valeur du moment M_1 est $F_1' \times d_1$ (N.cm)
- La valeur du moment M_2 est $F_2' \times d_2$

L'intensité de F_1' et de F_2' est la même $\Rightarrow$ les forces s'annulent. Cependant, d_1 et d_2 étant de longueurs différentes, la valeur des moments n'est donc pas la même. Donc le moment M_2 sera plus important que le M_1 .

Sur ce type de contraintes appliquées sur une dent, nous obtenons une rotation autour du centre de résistance.

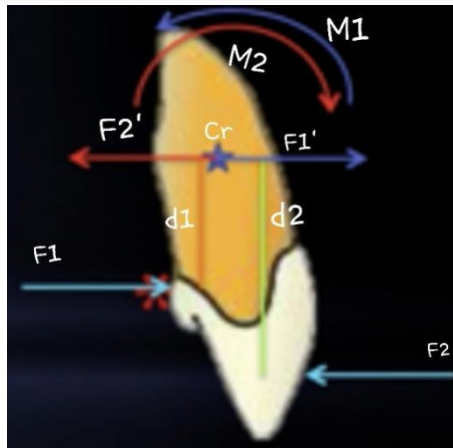


Figure 42 : Couple de forces sur une dent. [28]

EXEMPLES :

a) couple de force appliqué au centre de résistance :

$$M1 = F1 \times D = 100\text{gr} \times 2\text{mm} = -200\text{gr}.\text{mm}$$

$$M2 = F2 \times D = 100\text{gr} \times 2\text{mm} = -200\text{gr}.\text{mm}$$

$M = M1 + M2 = -400\text{gr}.\text{mm}$ Les deux moments sont de même sens et vont donc déterminer une rotation pure sans déplacement autour du centre de résistance de la dent.

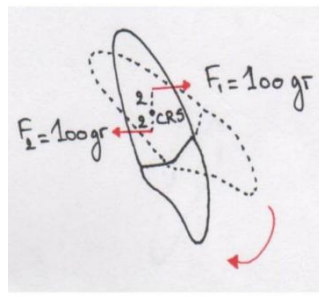


Figure 43 : couple de forces appliqué au Cr. [34]

b) couple de forces appliqué au niveau du bracket :

$$M1 = F1 \times D = 100\text{gr} \times 10\text{mm} = +1000\text{gr}.\text{mm}$$

$$M2 = F2 \times D = 100\text{gr} \times 14\text{mm} = -1400\text{gr}.\text{mm}$$

$$M = M1 + M2 = -400\text{gr}.\text{mm} \quad [34]$$

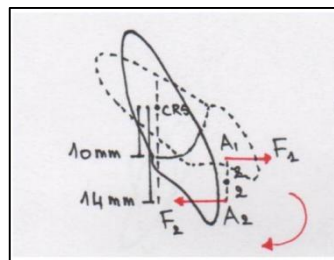


Figure 44 : couple de forces au niveau du bracket. [34]

4.7 Le rapport moment/ force

Le rapport (Moment de couple/ Force) permet d'établir quel sera la prédominance du mouvement: vers la translation ou vers la rotation. [28]

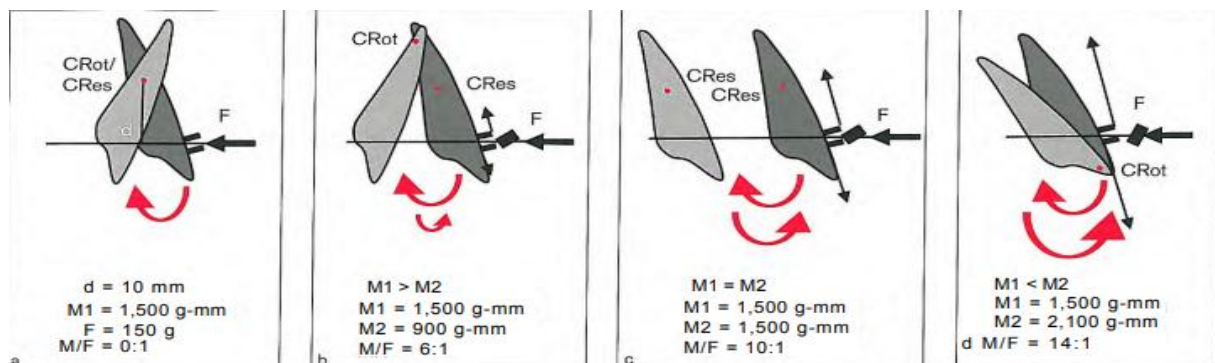


Figure 45 : le mouvement dentaire selon le rapport (Moment de couple/Force). [32]

a : si nous prenons cet exemple une force distale de 150 g est appliquée au niveau coronaire. Et comme la force ne passe pas par le centre de résistance ($d=10\text{mm}$) et qu'un moment opposé $M2$ n'est pas appliqué le rapport M_c/F est égale à 0:1 (il n'y a pas de moment de couple) la dent bascule distalement autour du centre de rotation superposé au centre de résistance donc il s'agit d'une version non contrôlée = rotation pure dans lequel la couronne se déplace distalement et l'apex mésialement.

b : ici un moment anti horaire $M2$ de 900 g-mm est appliqué sur le bracket avec un torque radiculo palatin le rapport M/F devient 6:1, dans ce cas le centre de rotation se déplace apicalement de sorte que la dent se déplace autour de son apex donc il s'agit d'une version contrôlée.

c : si le moment $M2$ est porté à 1500g-mm alors le rapport M/F devient 10 :1 les moments s'équilibrent et il ne reste que 150g de force unique sur le système ce qui entraine la translation de la dent, dans ce cas le centre de rotation est à l'infini.

d : l'amplitude du $M2$ est encore augmentée jusqu'à 2100g-mm le rapport M/F devient 14 :1 dans ce cas le centre de rotation se déplace vers la couronne, il s'agit d'un déplacement de la racine. [32]

4.8 Notion d'équilibre

Deux systèmes de force sont équivalents si les sommes de leurs forces sont égales et si les sommes de leurs moments autour d'un point arbitraire sont également égales.

$$\Sigma F1 = \Sigma F2$$

$$\Sigma M1 = \Sigma M2 \text{ [33]}$$

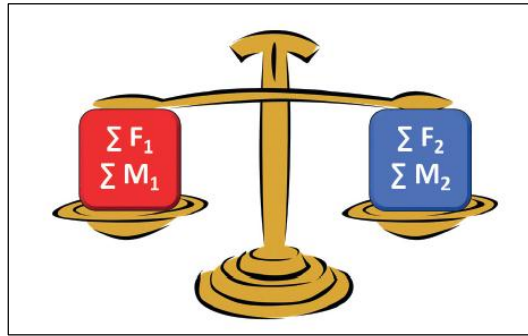


Figure 46 : système de force en équilibre. [32]

- pas de mouvement= Σ des forces=0 soit ($M=0$ ou $M \neq 0$)
- pas de rotation= Σ des moments=0 soit ($F=0$ ou $F \neq 0$)
- mouvement /rotation= Σ des forces=0 et Σ des moments=0

4.9 La notion d'équivalence

Pour obtenir des mouvements de translation pure, l'idéal serait de travailler au centre de résistance de la dent, le problème est qu'il n'est pas possible d'exercer une force au niveau du 1/3 radiculaire de la dent.

Par conséquent, il est nécessaire de produire le même système de forces, ou un système équivalent sur la couronne dentaire. Les deux systèmes de forces, l'un sur la couronne de la dent et l'autre au centre de résistance, sont dits équivalents s'ils produisent les mêmes effets sur la dent, c'est à dire un mouvement de translation pure car la force (le vecteur) passerait par le centre de résistance.

Au niveau du Cr pour décrire une force qui est appliquée n'importe où sur le solide il y aura toujours une force et un moment. La force dont on peut connaître l'intensité et un moment qui est égale à l'intensité de la force * la distance du bras de levier

Si une force passe par le Cr, $d = 0$, donc le moment est nul, donc mouvement de translation pure.

Si j'applique une force le plus en périphérie de l'objet, le d sera le plus grand possible, donc le moment sera le plus grand possible, donc mouvement de rotation le plus important possible. [28]

5. Les mouvements orthodontiques

Les dents se déplacent dans les trois dimensions de l'espace. Il est important de connaître les différents types de mouvements possibles et de comprendre les différentes méthodes par lesquelles se produisent ces mouvements, car cela peut permettre aux praticiens de concevoir

des plans de traitement prévisibles et de meilleurs appareils, facilitant ainsi des mouvements dentaires souhaitables, sûrs et accélérés. [10] Différents types de mouvements dentaires peuvent se produire au cours d'un traitement orthodontique :

5.1 Translation

Durant la translation, tous les points d'un corps se déplacent dans la même direction et avec la même amplitude, La racine se déplace exactement de la même distance que la couronne ; c'est « le bodily movement », Cela se produit lorsque la force appliquée passe par le centre de résistance de la dent. [10, 35, 36,37] Le centre de rotation est effectivement à une distance infinie du centre de résistance de la dent puisqu'il n'y a pas de rotation. [10]

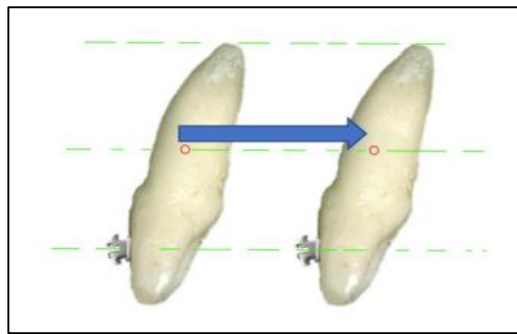


Figure 47 : mouvement de translation. [10]

5.2 Ingression

Déplacement induit par un système de forces agissant dans le sens opposé à l'éruption ou c'est un mouvement de réimplantation de la dent dans l'alvéole ,Peut être « pure » mais le plus souvent associée à une version vestibulaire ou linguale en raison de l'impossibilité d'exercer une force simple dans le prolongement du grand axe de la dent ,c'est un mouvement dangereux vue ces effets indésirables sur les dents adjacentes(extrusion) , L'intrusion relative est le résultat de la proclination et de l'intrusion. [8,10]

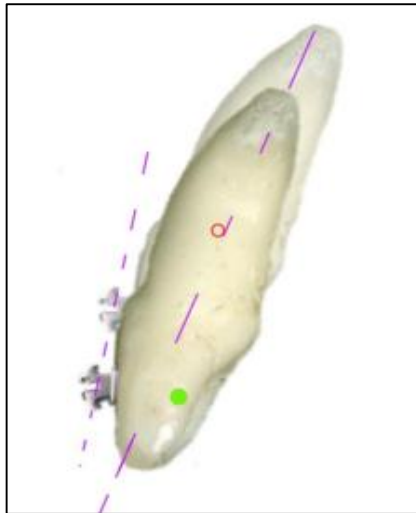


Figure 48 : ingressión pure. [10]

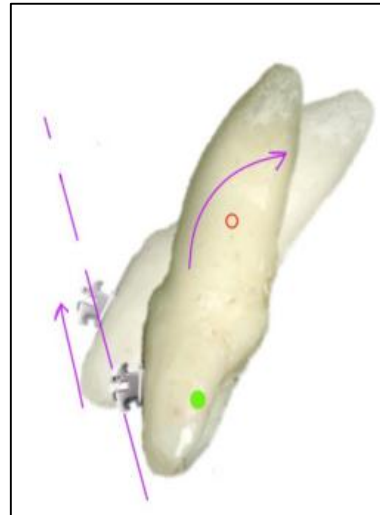


Figure 49: ingressión relative. [10]

5.3 Egression

Déplacement induit par une force verticale agissant dans le sens de l'éruption, L'égression peut être « pure » (plus ou moins parallèle au grand axe de la dent) ou associée à un certain degré de version coronaire, linguale ou vestibulaire, c'est le mouvement le plus facile à obtenir. [8, 36, 37]

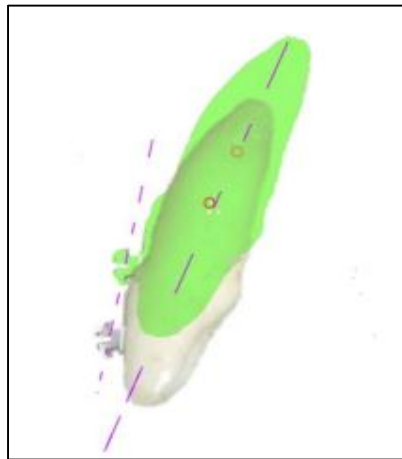


Figure 50 : mouvement d'égression. [10]

5.4 Version

5.4.1 Version non contrôlée

C'est un mouvement dentaire autour d'un centre de rotation apical et très proche du centre de résistance. La force est exercée sur un point d'appui situé près de la jonction entre le tiers apical et les deux tiers coronaires de la racine (le centre de rotation est proche du centre de résistance), de sorte que la couronne se déplace dans la direction de la force appliquée et la

racine dans la direction opposée dans le Sens : vestibulo-lingual ou mésio-distal ; Le mouvement est indiqué lorsque l'on veut modifier l'inclinaison de la dent et que celle-ci peut être basculée mésialement, distalement, buccalement ou linguale. Ce type de mouvement peut être réalisé par des appareils amovibles et fixes.

Mouvement est très simple mais le plus indésirable.

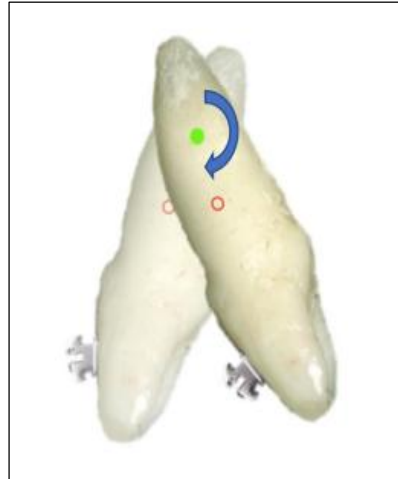


Figure 51 : version non contrôlée. [10]

5.4.2 Version contrôlée

Basculer d'une dent autour d'un centre de rotation situé au niveau de son apex dans la direction mésiodistal ou vestibulo lingual ; Déplacement de la couronne dans une direction et avec un moment suffisant pour empêcher le mouvement de racine en direction opposée. Ce type de mouvement ne peut être réalisé par un appareil amovible car il nécessite un moment de couple. C'est un mouvement très recherché. [35-37]

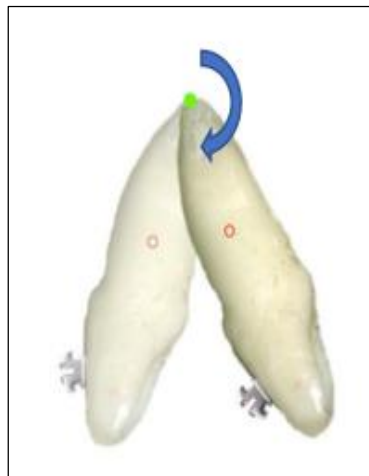


Figure 52: version contrôlée. [10]

5.5 Rotation

Une rotation pure se produit lorsqu'un corps tourne autour du centre de résistance (CR) (c'est-à-dire lorsque le centre de rotation est au centre de résistance). [10,36,37]

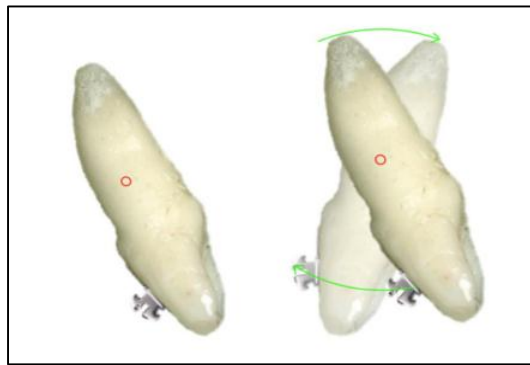


Figure 53 : mouvement de rotation. [10]

5.6 Mouvement des racines

Appelé aussi "torque radiculaire" ou "torque apical".

obtenu en maintenant la couronne d'une dent à son état initial et en appliquant un moment et une force (moment de couple) pour déplacer uniquement la racine, la dent se déplace autour d'un centre de rotation au niveau ou très près du bord incisif de la dent, le moment nécessaire dans ce mouvement est important. [35, 36, 37]

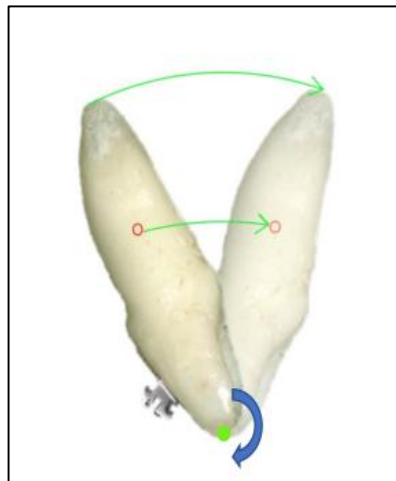


Figure 54 : mouvement de racine [10]

6. Notion d'ancrage en orthodontie

L'ancrage est un terme de marine du XVe siècle qui évolue au XIXe siècle pour devenir plus général et définir le principe « d'attacher à un point fixe ». L'ancrage joue un rôle primordial. Il se définit comme l'élément résistant aux mouvements dentaires indésirables sur lequel s'appuie la force motrice nécessaire aux déplacements dentaires souhaités. Selon Langlade : l'ancrage est la résistance d'un corps au déplacement. L'ancrage en orthodontie est un concept important puisqu'il fournit une résistance aux mouvements dentaires indésirables. [8]

6.1 Concept d'ancrage

6.1.1 La réciprocité des forces

Selon le troisième principe de Newton « à toute action correspond une réaction d'intensité égale et de sens opposé » Quelle que soit la thérapeutique mécanique orthodontique utilisée, appliquer une force sur une dent, un groupe de dents ou une arcade engendre une force de même intensité, de même ligne d'action, mais de sens opposé sur la structure d'appui.

Cette réaction entraîne des effets rarement souhaités et l'on recherche le plus souvent la fixité des dents supports qui constituent l'ancrage. [38]

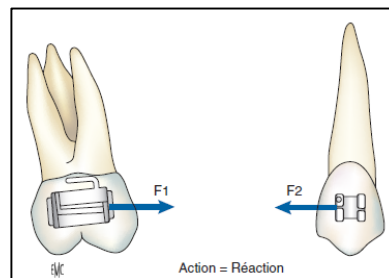


Figure 55 : Forces d'action et de réaction égales et de sens opposé ($F1 = F2$) [40].

6.1.2 Le trinôme de Nevreze

Lors de déplacement dentaire orthodontique :

L'élément à déplacer possède une résistance appelée mobile (RM) l'élément d'ancrage possède une résistance appelée stable (RS)

Le déplacement est activé par une force motrice (FM) appliquée entre les éléments « mobile » et « stable ».

Dans le cas de l'utilisation des mini-vis, $RS > FM > RM$, l'ancrage est alors maximal et seul RM se déplace. Cette situation d'ancrage est souvent recherchée chez les adultes, pour lesquels le support osseux des dents d'appui ne constitue pas toujours une résistance RS suffisante avec les moyens d'ancrages conventionnels. [20,39]

6.2 Différents types d'ancrage

- L'ancrage maximal où la zone d'ancrage ne doit subir aucun déplacement,
- L'ancrage modéré où une petite perte d'ancrage est permise,
- L'ancrage minimal où une perte totale d'ancrage est souhaitée.

6.3 Différentes sources de l'ancrage

6.3.1 L'ancrage naturel passif L'ancrage biologique ou passif est la résistance offerte par le système dentaire (la dent, l'os alvéolaire et les ligaments parodontaux), les supports osseux et musculaires intra comme extra-oraux capables de résister aux forces orthodontiques. La résistance de la dent au déplacement est aussi influencée par: -La longueur, le nombre et le

volume des racines ; les dents larges, longues, aux racines coudées offrent un meilleur ancrage que des dents petites et courtes. - la quantité et la qualité de l'os de soutien: ancrage cortical : La structure dense et difficilement résorbable de l'os cortical est une résistance au mouvement dentaire L'ancrage musculaire : La musculature liée au type facial ; Chez un patient hypodivergent (ou brachyfacial), les muscles masticateurs élévateurs hypertoniques sont une véritable résistance au déplacement dentaire. Le masséter et le temporal s'opposent aux déplacements dentaires horizontaux et surtout verticaux. Par contre ; Chez un patient hyperdivergent (ou dolichofacial), l'enveloppe fonctionnelle hypotonique est incapable de s'opposer aux déplacements dentaires et aux mouvements parasites. [40]

6.3.2 L'Ancrage actif ou thérapeutique C'est l'ancrage mécanique produit par les dispositifs orthodontiques pour contrôler le déplacement des dents d'appui dans les 3 sens de l'espace. Cet ancrage a pour but de réduire au maximum la force de réaction qui s'exprime lors de l'application d'une force : c'est le contrôle de l'ancrage. Il utilise des moyens mécaniques différents mais dont le but est toujours le même : éviter le déplacement des dents d'ancrage. Cet ancrage regroupe deux grands types de dispositifs :

6.3.2.1 Ancrage intra orale Il peut être intra- ou inter-arcade, on trouve des arcs avec des courbures anti-version ou anti-rotation avec des butés ou des stops, les renforts d'ancrage se font grâce à la ligature de plusieurs dents pour additionner leur valeurs d'ancrage grâce au arc palatins et linguaux, ou encore avec des élastiques. [38]



Figure 56: arc de nance. [41]

6.3.2.2 Ancrage extra orale

Ces dispositifs prenant appui en dehors de la cavité buccale, il n'existe pas de forces réciproques créées au niveau de l'arcade dentaire. La force est appliquée forces grâce à un casque ou une bande qui prend appui sur la nuque ou le crane. (Masque de Delaire, fronde mentonnière...). [40]

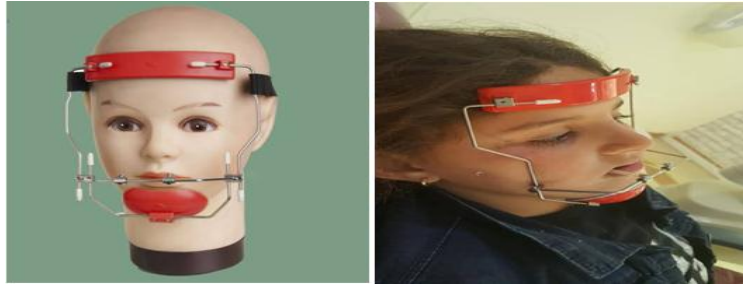


Figure 57: masque de delaire [41]



Figure 58 : fronde mentonnière [43]

6.3.2.3 Les mini-implants vissés

Les mini-implants provisoires à visée orthodontique offrent une alternative efficace, utilisés en vestibulaire comme en lingual. [40]



Figure 59: ancrage par mini-implants vissés.[42]

Chapitre III : les forces extra orales

La thérapeutique orthopédique est la partie de l'ODF qui a pour but de corriger un décalage squelettique en agissant sur la croissance grâce à des dispositifs qui stimulent, freinent ou changent sa direction.

Elle se divise en deux sortes :

- La thérapeutique orthopédique fonctionnelle : qui utilise des forces musculaires dites intrinsèques retransmises d'une base osseuse à l'autre ; représentée par les activateurs de croissance.

- La thérapeutique orthopédique mécanique : qui consiste en l'utilisation des forces mécaniques pour corriger les dysmorphoses basales, ces forces sont dites extrinsèques car produites et délivrées par le dispositif lui-même ; représentée essentiellement par les forces extra-orales. [44,45]

1. Définition

Les forces extra-orales sont des dispositifs orthopédiques mécaniques qui permettent d'exercer des forces sur des dents ou sur une arcade dentaire à partir d'un appui crânien ou cervical, en évitant donc de solliciter un ancrage dentaire. En fonction de l'appui dentaire et surtout de l'intensité des forces utilisées, certains de ces dispositifs peuvent avoir une action orthopédique sur les sites de croissance faciale. [48]

Ce sont des forces à point d'application endobuccal et à point d'ancrage extra-oral. Leur direction d'action peut être antéro-postérieure ou postéro-antérieure. [49]

2. Historique

L'utilisation des forces extra-orales a une longue histoire qui remonte au XIX siècle. Tous les livres le disent : c'est Norman Kingsley qui, le premier, a décrit l'utilisation d'un système de force extra-buccale pour reculer l'arcade maxillaire. Rappelons d'abord que depuis longtemps un autre genre de force extra-buccale était connu : la fronde mentonnière. Elle avait d'abord été employée pour maintenir la mandibule après luxation (Cellier, 1802, et Fox, 1803), puis pour réduire les promandibulies (Gunnel, 1841, et Westcott, 1844). Mais l'application au maxillaire, l'usage aujourd'hui le plus fréquent, n'avait pas encore été évoquée.

Magitot cite le « baillon » qui consiste essentiellement en une masse de caoutchouc vulcanisé, creusé d'autant de cavités qu'il y a de dents déviées. Ces cavités reçoivent ainsi très exactement les dents, dont elles représentent l'empreinte exacte. De chaque côté de cette masse,

partent deux branches qui font saillie hors de la bouche et à l'extrémité externe desquelles est attachée une bande d'étoffe de caoutchouc en fils tressés, fixée d'autre part à un bonnet ou serre-tête fait d'étoffe résistante. L'ensemble de cet appareil a la forme d'un mors, sur lequel les bandes de caoutchouc exercent une traction constante dans le sens antéro-postérieure. Ce procédé semblera sans doute bien primitif et assez incommode. Il est difficile, en outre, de l'appliquer d'une manière constante ; il n'est possible que pendant la nuit».

Magitot ne montre aucun dessin de l'appareil. Il appuie sa description d'une observation clinique, celle d'un garçon de 10 ans qui présentait un surplomb de 10 mm, avec contact des incisives mandibulaires sur la muqueuse palatine. Le «bâillon» est posé le 15 juin 1864, il est porté chaque nuit pendant 4 mois, puis une nuit sur deux une fois le résultat atteint.

L'appareil, dit Magitot : «a pour principe d'exercer son action... par des moyens de traction s'effectuant en dehors de la cavité buccale».

Revenons aux Etats-Unis. Le livre de Norman Kingsley est publié en 1880. Kingsley raconte qu'en 1866, après avoir observé pendant plusieurs années le développement d'une malocclusion qu'on qualifierait aujourd'hui de sévère classe II, division 1, il installe au maxillaire une plaque de vulcanite échancrée en avant et un bandeau en or couvrant les bords vestibulaires et occlusaux des incisives. Des élastiques sont tendus entre les deux pièces et le résultat est rapide : les incisives sont reculées, mais insuffisamment dit Kingsley, et la correction de leur version fait apparaître une forte supraclusion. «En urgence», Kingsley extrait les deux premières prémolaires au maxillaire et modifie son appareil. Il soude sur le bandeau en or, à hauteur des canines, deux tiges («stud») qui sortent de la bouche et se terminent par un bouton. Par ailleurs, il ajuste sur la Tête un bonnet en cuir. Des bandes de caoutchouc sont tendues du bonnet aux boutons soudés. La force externe ingresse les incisives «dans l'os» et la force interne les tire vers l'arrière.

Kingsley a décrit son appareil dans le « Dental cosmos » en 1866.

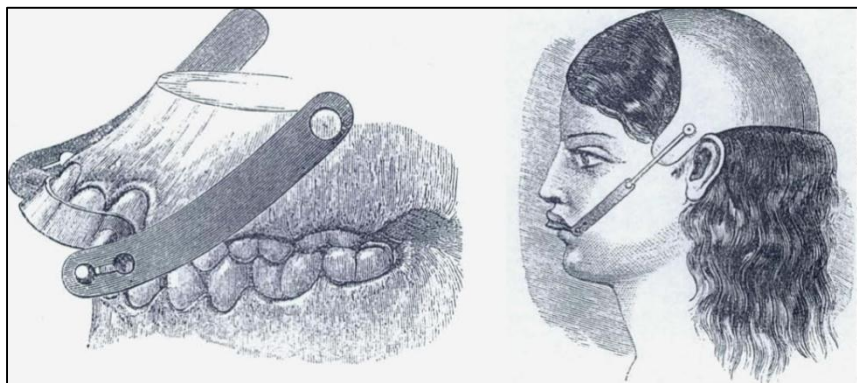


Figure 60 : L'appareil de Kingsley. [50]

En 1886, John N.FARRAR publie une étude sur la valeur d'ancrage des différentes dents, en cas de fermeture des espaces des extractions. Il conclut qu'un ancrage complémentaire est souvent nécessaire, et qu'on doit l'ajouter à l'arc fixe intra-oral.

ANGLE en 1907, publia la 7^{ème} édition de son livre où l'appareil utilisé est un casque en soie ou en tricot qui répartit bien la pression. Un ruban élastique passe sous l'oreille, un autre au-dessus.

L'intérêt pour la traction extra-orale a diminué dans la première moitié du XX^e siècle, surtout avec la popularité croissante des élastiques intermaxillaires.

Les FEB ont retrouvées leur place par Oppenheim en 1936 qui a mis au point l'arc facial et l'a enseigné à l'université d'Illinois à son élève Kloehn qui a contribué à le populariser en Amérique.

Delaire en 1969, a utilisé des tractions à direction inverse (postéro-antérieure) par son masque de classe III. [50]

3. Description

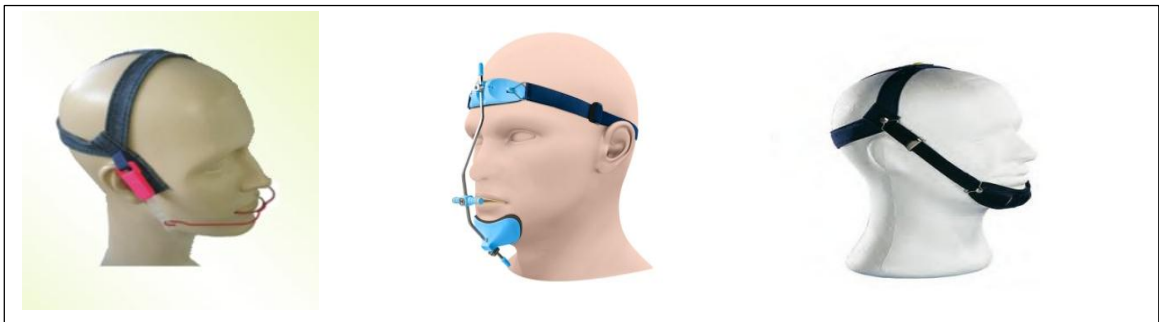


Figure 61 : forces extra orales. [51]

Le terme forces extra-orales ou extra-buccales (FEO ou FEB) désigne le plus souvent ce dispositif qui délivre une force par l'intermédiaire d'un arc facial ou d'un casque. [50] Ce dispositif comprend :

➤ **élément intrabuccal** : élément de transmission de la force qui peut être un arc facial; composé de :

Un arc interne intra-oral adapté à la forme de l'arcade, soit Il s'insère dans les tubes des bagues ou s'incorpore dans une gouttière soudée ou lié par une traction élastique à un arc externe ou arceau.

➤ **Un ancrage externe crânien ou cervical ou fronto- mentonnière ou occipito -mentonnière** : cet appui peut être réalisé par : –un masque à appui fronto-mentonnier.



Figure 62: masque à appui fronto-mentonnier. – une bande située au niveau de la nuque, la force est alors dite à traction cervicale ou basse. [51]

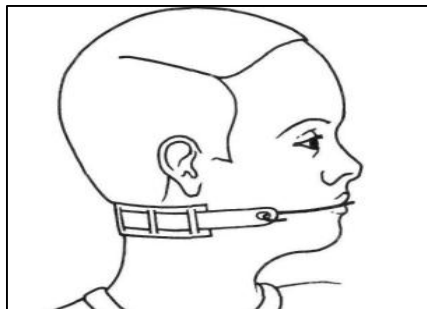


Figure 63: FEB à traction basse. [8]

– un casque qui selon l'orientation de ses bandes et la position des crochets permet une traction :

- intermédiaire ou occipitale.
- haute ou pariétale.

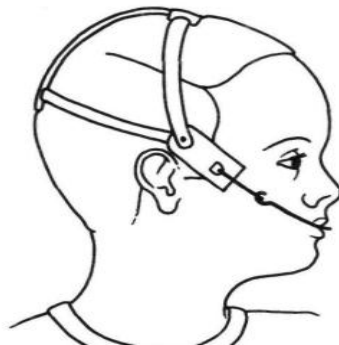


Figure 64: FEB à traction haute. [8]

- ✓ La direction de traction est choisie selon l'indication.
- ✓ Les branches externes et internes sont réglées en fonction des mouvements dentaires désirés.
- **Un élément dynamique** qui délivre la force, Il s'agit d'un dispositif élastique, qui s'attache sur les crochets de l'arc externe ou l'arc interne et sur l'ancrage crânien. [56]

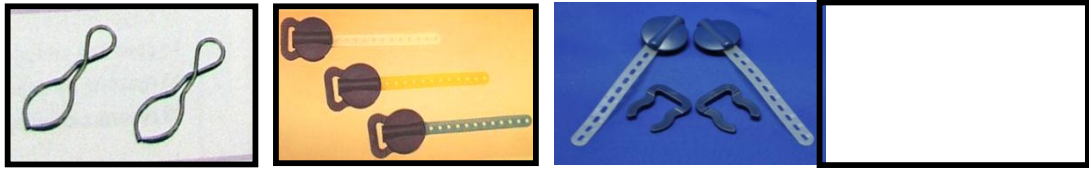


Figure 65: anneaux de caoutchouc. Figure 66: languettes ou traction de sécurité.[54]

4. Principes généraux des FEB

* Nécessitent une excellente coopération du patient. * Instituées en pleine croissance. * Utilisées seules ou avec d'autres dispositifs intra buccaux. * Permettent des modifications squelettiques. [57]

5. Classification

les FEB sont classées selon l'indication en :

- **Forces extra-orales à action antéropostérieure.** - FEB sur bague (maxillaire et mandibulaire). -FEB sur gouttière.
 - FEB sur activateur.
 - FEB sur barrettes de Whitman(J Hooks). -La Fronde mentonnière.
- **Forces extra-orales à action postéro-antérieure.**
 - Le masque de Delaire. [58]

5.1 Forces extra-orales à action antéro-postérieure

5.1.1 Forces extra-orales sur bague

C'est une forme de distalisation des molaires (distalisation indirecte) qui est la méthode de choix pour gagner de l'espace dans l'arcade dentaire dans certains traitements sans extraction. Selon le dictionnaire d'orthognathodontie, la distalisation consiste en un mouvement qui éloigne les dents concernées du point inter-incisif. Selon CHATEAU, chez l'homme ; le mouvement distal est un mouvement difficile, contre nature ; la nature mésiale souvent les dents.

Plusieurs critères doivent être pris en compte avant de procéder à la distalisation des molaires :

- Inclinaison axiale des molaires.
- Espace disponible pour les deuxième et troisième molaires.
- Rotation des molaires.
- Le schéma de croissance verticale du patient. [32 ,59]

5.1.1.1 FEB sur molaires maxillaires

Cet appareillage permet d'exercer par l'intermédiaire d'un arc facial ; une force à direction antéro-postérieure d'une façon intermittente sur les premières molaires supérieures

sans prendre appui sur les dents antérieures, il peut être utilisée seule ou conjointement avec un dispositif fixe multi-attaches mais aussi avec des appareils amovibles : enveloppe linguale nocturne, activateur. [7,8]

5.1.1.1.1 Description

Dispositif mécanique amovible comportant un ancrage, il comprend :

➤ **Deux bagues** : munies des doubles tubes ou triples tubes dans l'arc de ricketts scellées sur les premières molaires supérieures (16/26) ou sur les deuxième molaires (17/27), portant un tube cylindrique qui accueille l'arc intra-oral de l'arc facial.



Figure 67: Bagues triple tubes. [52]



Figure 68: Bague double tubes. [52]

➤ **Un arc facial** : composé du :

- D'un arc externe d'une section du diamètre 0.07 inch (18/10 mm) dont les branches terminées par un crochet pour fixer l'élément moteur peuvent être : - courtes : le crochet est situé en avant des molaires. - moyennes : le crochet est situé au niveau des molaires. - longues : le crochet est situé en arrière des molaires. [59] Il peut faire un angle plus ou moins ouverte avec l'arc interne. [57]

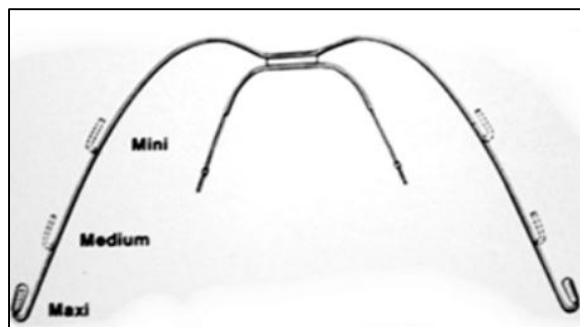


Figure 69: Arc facial. [52]

- d'un arc interne d'une section du diamètre 0.06 inch (15/10 mm) qui s'insère dans les tubes soudés sur les bagues, et se bloque à leur niveau par une butée façonnée sur l'arc (baïonnette, boucle en U, trombone...) ou soudée sur l'arc (stop, trombone). Cet arc interne passe à distance (environ 5 mm) des faces vestibulaires des incisives ou

de leurs attaches. Une plicature en V ou en U peut être incorporée sur cet arc pour ajuster sa longueur en fonction du recul des molaires. [8]

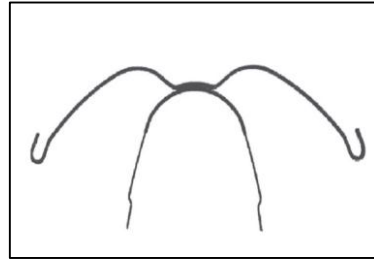


Figure 70: arc facial avec boucles en U [52] Figure 71: arc facial avec baionnette. [52]



Figure 72: FEB utilisée seule. [7] Figure 73: FEB associée à un dispositif fixe multi-attaches [56]

➤ Un appui péricranien.

Cet appui peut être réalisé par : -une bande située au niveau de la nuque, la force est alors dite à traction cervicale c'est un appui dit de Kloehn,

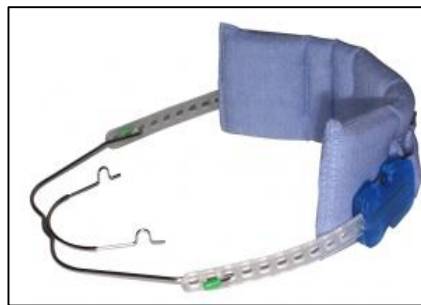


Figure 74: bande à traction cervicale. [53]

- un casque qui selon l'orientation de ses bandes et la position des crochets permet une traction intermédiaire ou occipitale, haute ou pariétale.

➤ Un élément dynamique.

Qui délivre la force, Il s'agit d'un dispositif élastique ressort comprimé ou élastique qui s'attache sur les crochets de l'arc externe et sur l'ancrage crânien. Ce dispositif doit obligatoirement être muni d'une sécurité qui le détache en cas de traction excessive afin de prévenir le risque de blessure, en particulier au niveau des yeux. [59]

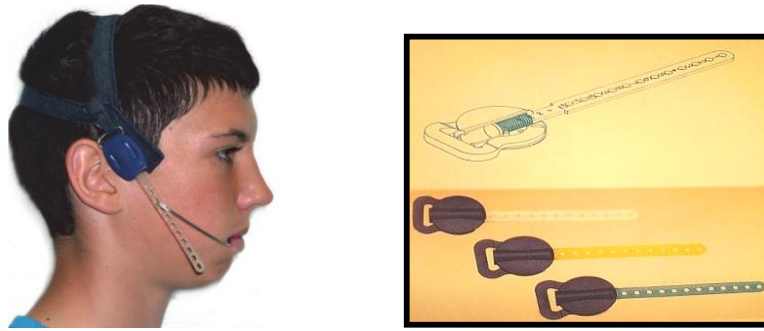


Figure 75: casque pour traction haute et dispositif dynamique [7]. Figure 76: traction de sécurité. [55]

5.1.1.1.2 Les indications

Les forces extra-orales à visée orthodontique sont surtout utilisées :

- pour renforcer l'ancrage des molaires et s'opposer à leur déplacement : – sous l'action des tractions intermaxillaires de classe III lors de la préparation d'ancrage en technique Edgewise, – lors du recul canin ou incisif. Le réglage de la FEO doit être adapté pour s'opposer à la sollicitation subie par la molaire
- Pour déplacer les molaires, essentiellement les reculer en contrôlant leur mouvement vertical et transversal (contre-indication : DDM postérieure), Ce recul est recherché :
 - Lors d'un recul sectoriel de l'arcade maxillaire, pour corriger une classe II.
 - Pour libérer de l'espace au niveau antérieur de l'arcade dans les cas d'encombrement maxillaire et de mésioposition molaire.
 - Pour corriger la dérive mésiale d'une ou des molaires dans un espace d'extraction ou après perte prématurée des molaires temporaires.
- Pour reculer en masse l'arcade maxillaire dans les classes II à responsabilité maxillaire.

5.1.1.1.3 Les contre-indications

- Lorsque les encombrements maxillaire et mandibulaire sont sévères, Dans ce cas on se tournera vers un traitement par extractions.
- En cas d'hyper-divergence mandibulaire sévère et de postéro-rotation mandibulaire.
- En cas de non coopération du patient.

- En cas de troubles posturaux Chez les enfants trop jeunes : l'apex des molaires doit être suffisamment édifié pour éviter les déformations radiculaires. [7,59]

5.1.1.1.4 Les effets des FEB sur bagues

=>Au niveau du première molaire ; trois types de déplacement sont possibles : 1) Un mouvement de translation : déplacement distal en translation (a). 2) Un mouvement de version : -version coronaire mésiale ou distale (b); -version radiculaire distale (c); - rotation pure autour du centre de résistance (d) c'est-à-dire versions coronaire et radiculaire associées. 3) Un mouvement vertical : égression (e) ou ingression (f). C'est le déplacement distal qui est souvent le plus recherché.

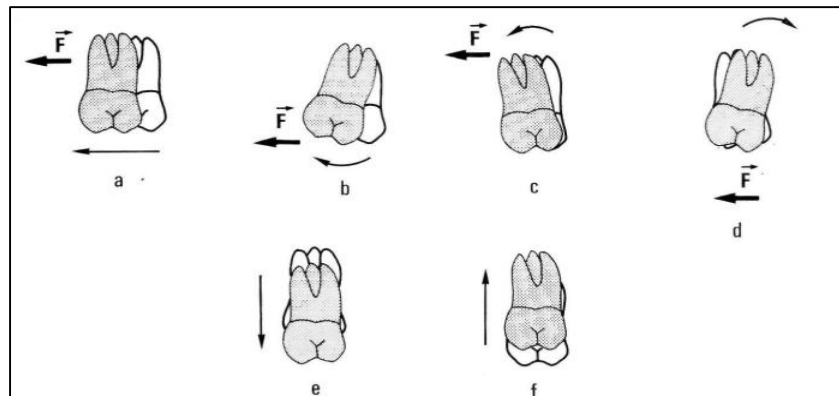
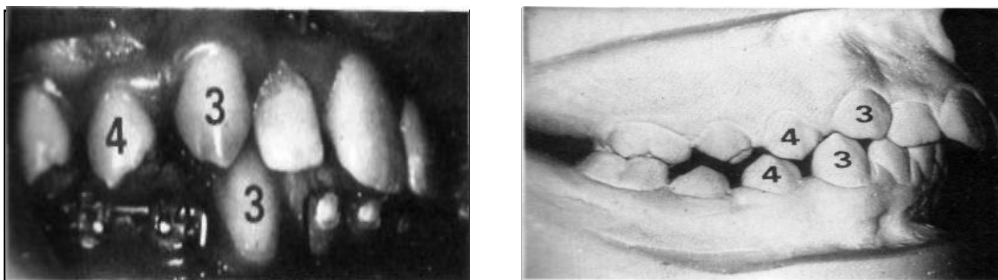


Figure 77: Les différents types de déplacement, au niveau des premières molaires.[8]

En moyenne, la première molaire est déplacée dans une position plus distale que celle du début du traitement (contrôlée à l'aide de superposition) dans 40 % des cas. Le recul est de 2 à 4 mm en moyenne, le maximum observé étant de 1 cm en trois ans (Ricketts). Ce distalage permet d'obtenir une augmentation du périmètre d'arcade de 1 à 6 mm par hémis-arcade.

=>Au niveau des dents antérieures et latérales: si le déplacement distal des molaires est suffisamment important, on peut observer des diastèmes entre les prémolaires et les canines dus à l'étirement des fibres supra-alvéolaires et parfois même des diastèmes au niveau des incisives.

Figure 78 : les effets des FEB sur bagues sur les dents antérieures et latérales. [8]



=>Au niveau du maxillaire: Les forces extra-orales tendent à freiner le déplacement vers l'avant du maxillaire et de l'arcade maxillaire au cours de la croissance. [7,8]

Pour Philippe, cette action est plus marquée lorsque le réglage de la FEO favorise le recul apical de la molaire (moment de version corono-mésiale) l'action étant alors plus profonde, mais les FEO sur les molaires tendent aussi à provoquer :

-une rotation horaire (bascule en bas et en avant) du plan palatin et de l'arcade maxillaire, surtout lorsque la traction est cervicale, cette rotation peut entraîner l'apparition ou l'aggravation d'un sourire gingival et freiner la réponse de croissance mandibulaire. -Le déplacement distal dans son entier du maxillaire est au plus de 1 mm avec un écart de 3,5 à 04 mm. Cette bascule du maxillaire entraîne avec elle le nez d'ont l'extrémité s'abaisse.

Cet effet orthopédique est lié à la transmission des forces exercées sur les molaires aux sutures prémaxillaires via les poutres de résistance du maxillaire. [59]

=>Au niveau du plan mandibulaire: -Lorsque les FEB provoquent une égression des molaires maxillaires on observe une rotation postérieure de la mandibule avec recul du point B. -Lorsque elles freinent leur égression naturelle ou qu'elles les ingressent elles participent au contrôle vertical de la croissance, cependant la fermeture attendue du plan mandibulaire est rarement observée (Une égression compensatrice de la molaire mandibulaire et le déplacement distal de la molaire maxillaire atténuant cet effet). L'angle FMA présente une légère augmentation avec les différentes F E B. Toutefois les tractions cervicales ou moyennes montrent de plus grandes variabilités, donc des précautions particulières s'imposent avec ce type de traction. [7]

5.1.1.1.5 Analyse biomécanique et action des FEB

5.1.1.1.5.1 Action sur les molaires d'ancrage

Pour obtenir des déplacements contrôlés sur les molaires, on pourra faire varier : - le point d'application de la force: - la position du crochet d'ancrage externe (longueur des branches, hauteur des crochets); -le niveau de l'ancrage (appui crânien ou cervical). La détermination des effets des différents types de F. E. B. est donnée par l'analyse des principes biomécaniques qui s'y rapportent. Le pourcentage respectif des trois types de déplacement observable au niveau des molaires dépend de **la direction de la force** et de **la distance de la force par rapport au centre de résistance** de la molaire (au niveau de la furcation), On doit raisonner en tenant compte de la situation du crochet d'ancrage de l'arc externe, du type de traction par rapport au plan d'occlusion. [8]

➤ Dans le plan sagittal

La FEO exerce sur la molaire une force que l'on peut décomposer dans le plan sagittal en :

➤ **une force antéropostérieure**, qui tend à reculer la molaire; La ligne d'action de la force est représentée par la droite joignant le crochet de l'arc externe à l'appui crânien.

-**Translation distale** : le mouvement de translation est obtenu en alignant le point d'ancrage, le crochet externe et le centre de résistance mais le plus souvent elle ne passe pas par le centre de résistance de la molaire induisant un moment responsable d'une version: corono-distale ou corono- mésiale : -**corono-distale**: si la ligne d'action de la force passe au-dessous du centre de résistance de la dent; -**corono- mésiale**: si elle passe au-dessus.

Le moment de version distale ou mésiale peut donc être déterminé en modifiant la longueur et l'angulation des branches externes par rapport à l'arc interne. De nombreuses combinaisons sont possibles pour obtenir la force et le moment souhaités.

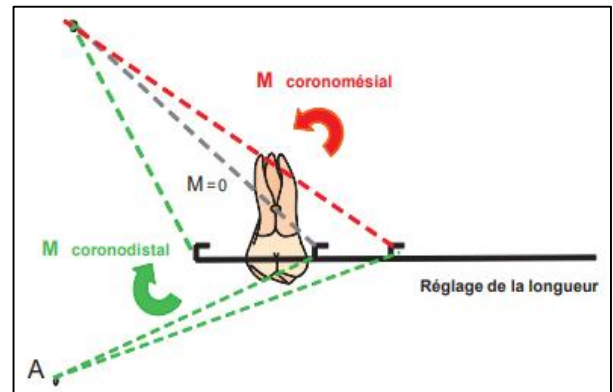
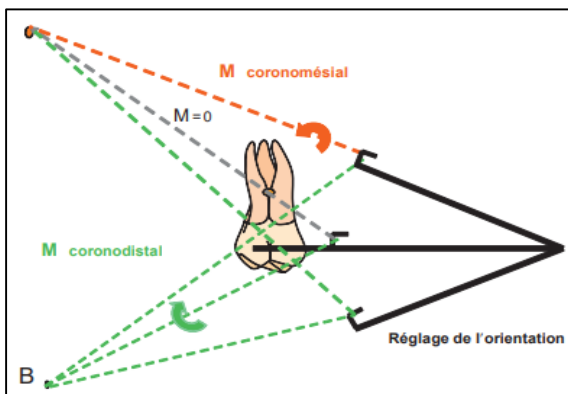


Figure 79: Influence des réglages des branches externes sur la version de la molaire d'ancrage dans le plan sagittal. A. Réglage de la longueur. B. Réglage de l'orientation. [8]

Dans la figure ci-dessus : En rouge : la ligne d'action de la force passe au-dessus du centre de résistance de la dent entraînant une version coronomésiale. En vert : elle passe en dessous induisant une version coronodistale.

➤ **une force verticale d'égression ou d'ingression**

En fonction de l'appui péri-crânien choisi : -Si le vecteur crochet externe-point d'ancrage est orienté vers le haut, on observera une ingression. -Si ce vecteur est orienté vers le bas, une égression. [7, 8]

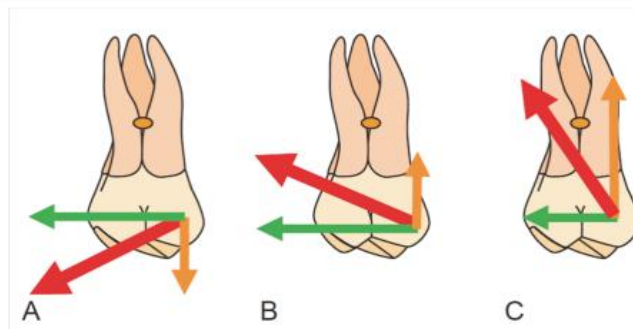


Figure 80: Incidence du type de traction sur les composantes de la force exercée. A. Traction cervicale. B. Traction intermédiaire. C. Traction haute [8]

EXEMPLES : -La multiplicité des points d'application de la force permet une certaine polyvalence, Le type de mouvement de la dent est déterminé uniquement par la relation entre le Cr (cercle violet) et la force (flèche rouge).

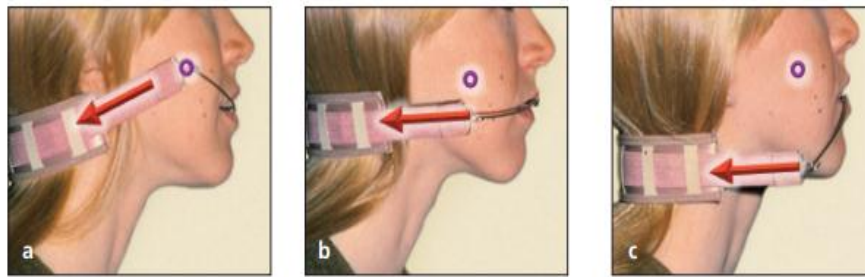


Figure 81: différents types de traction basse. [33]

-Le système de force d'une coiffe occipitale (a) La force exercée par une coiffe occipitale est représentée par une flèche rouge (1). Elle est remplacée par un système de force équivalent au niveau de le CR ; par une force (2) et un couple (3) (flèches jaunes) =>La force translate le CR de la molaire apicalement et distalement. Le couple fait tourner la dent dans le sens inverse des aiguilles d'une montre autour de son Cr(b). Mouvement combiné de la molaire(2). (La racine se déplace apicalement et distalement).

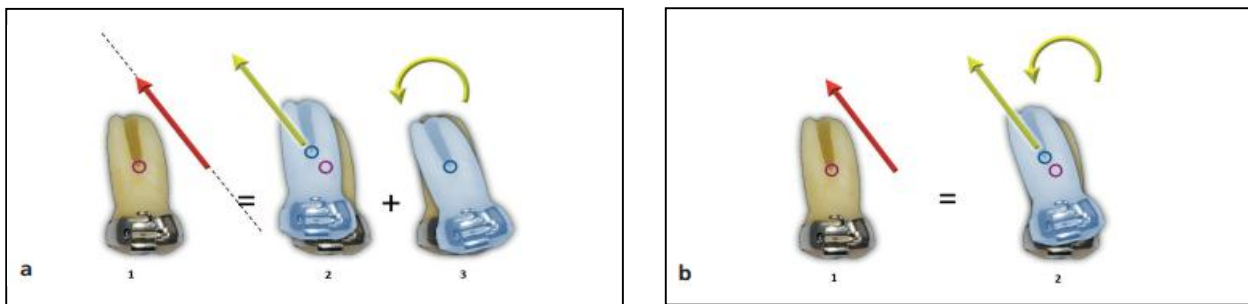


Figure 82: effets d'une FEB à appui occipitale sur les molaires. [33]

-Le système de force d'une FEB combinée(appui cervicale +appui occipitale)

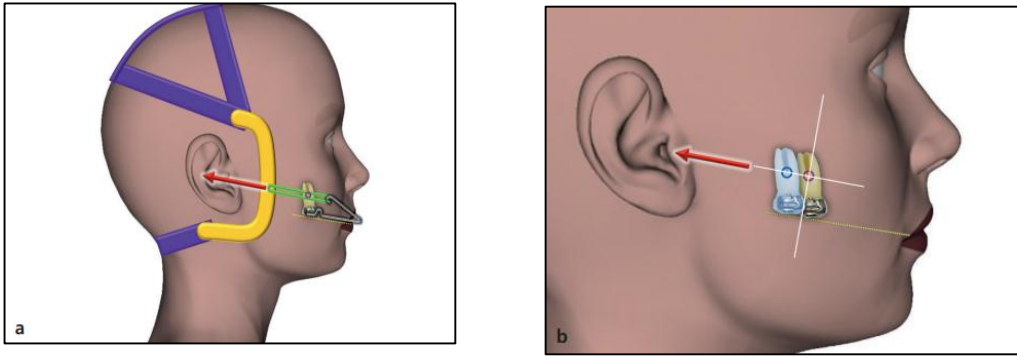


Figure 83:effets des FEB combinées. [33]

(a) La force (flèche rouge) traverse le CR parallèlement au plan occlusal. (b) La dent se déplace le long du plan occlusal (Notez qu'il n'y a pas de composante extrusive ou intrusive). [33]

➤ **Dans le plan frontal**

La composante verticale de la force crée un moment de version au niveau de la molaire :

- version corono-vestibulaire si cette force est ingressive (traction haute) (figure b).
- version corono-palatine si elle est égressive (traction basse).

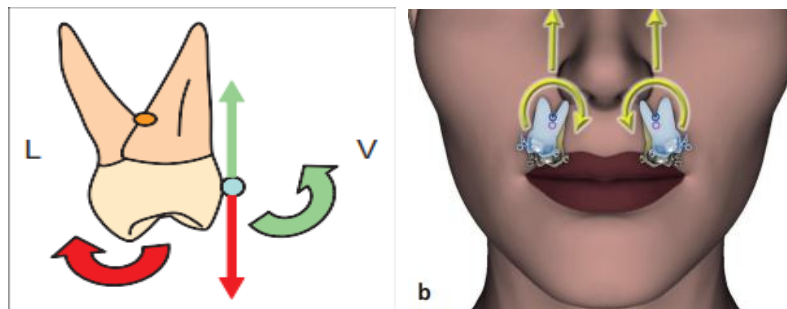


Figure 84: Influence du type de traction sur la version de la molaire d'ancrage dans le sens vestibulo-lingual. [8,33] Dans la figure ci-dessus :

En rouge : une traction basse entraîne une version coronolinguale et donc une contraction transversale de l'arcade. En vert : une traction haute provoque une version corono-vestibulaire et par suite une expansion de l'arcade.

Remarque : Le fil rond de l'arc interne permet une liberté de rotation autour de l'axe x des molaires. Tout élément intrusif (flèches rouges) pourrait provoquer une bascule buccale. Notez le système de force équivalent (flèches jaunes) au niveau du Cr. Si un arc transpalatin passif est mis en place, la bascule individuelle des molaires n'est pas autorisée et les forces intrusives (flèches rouges) peuvent être remplacées par une résultante (flèche jaune) au point médian entre les molaires (cercle violet). [7, 33]

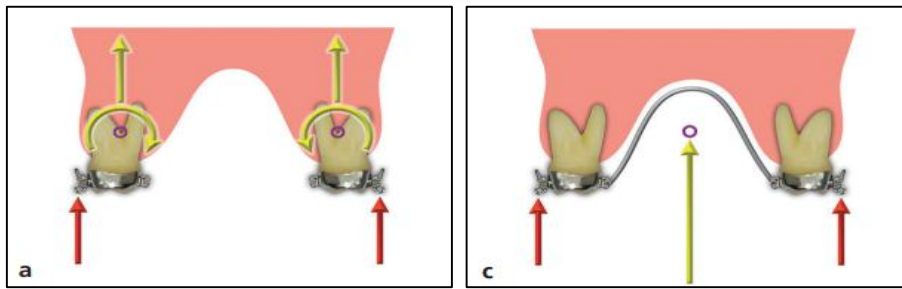


Figure 85 : Vue frontale d'un système de force pour casque occipital avant et après mis en place d'arc transpalatin. [33]

➤ **Dans le plan horizontal** : la résultante de la force s'exerce dans le plan sagittal médian.

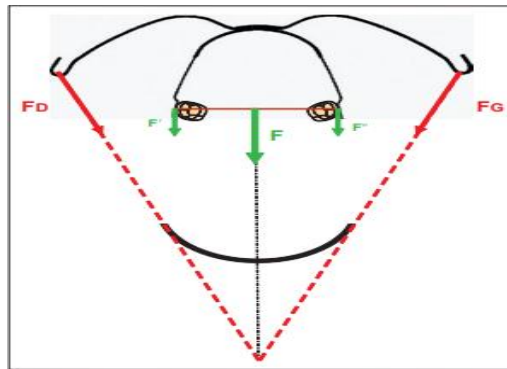


Figure 86: action des FEB dans le plan horizontal. [7]

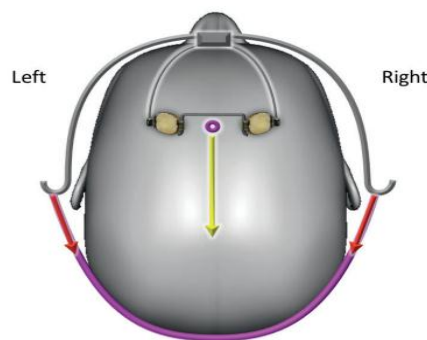


Figure 87: Vue occlusale d'une FEB symétrique. [33]

Dans la figure ci-dessus ; les forces de FEB (flèches rouges) sont remplacées par une résultante (flèche jaune) au niveau du CR. En supposant que l'arc interne de l'arc facial relie les deux molaires de manière rigide, les deux molaires sont considérées comme un seul corps, et le CR des deux molaires se situe au point médian (cercle violet). Il n'y a pas de moment de rotation autour du CR, et les molaires se déplacent distalement.

Il peut provoquer aussi :

-Une version corono-vestibulaire si la FEB est associée avec un arc d'expansion. -Une version corono-linguale si la FEB est associée avec un arc de contraction. -Une rotation disto-linguale des molaires. [7, 33]

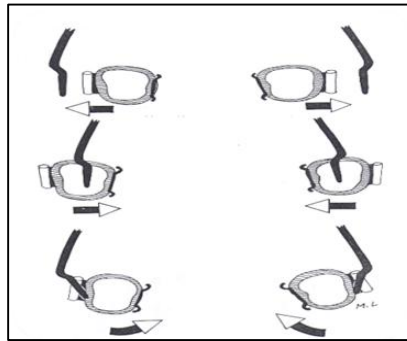


Figure 88: les effets des FEB dans le sens horizontal. [7]

Remarque : Une FEB symétrique aura toujours des forces égales de chaque côté même si nous appliquons des forces différentes de chaque côté, l'élément d'ancrage externe glissera instantanément pour trouver un nouvel état d'équilibre avec des forces égales et opposées.

Il est donc impossible de maintenir des forces différentes de chaque côté de l'arc extérieur d'une FEB symétrique.

- FEB sur bagues avec des tubes placés verticalement :

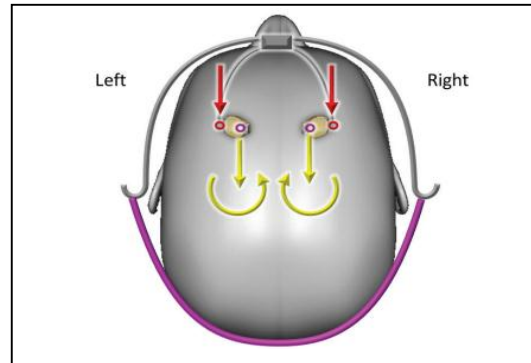


Figure 89: Action des FEB sur bagues avec des tubes placés verticalement.[33]

Les tubes placés verticalement sur les molaires permettent une liberté de rotation à partir d'une force distale bilatérale (flèches rouges). Le système de force équivalent au niveau du Cr (flèches jaunes) montre que les molaires se déplacent distalement et tournent avec leurs côtés mésiaux vers l'extérieur (rotation axiale mésio-vestibulaire).

Application clinique : Un patient présentant une rotation mésiale sévère sur la première molaire maxillaire droite seulement, un tube a été soudé sur le côté droit orienté verticalement. Comme le tube vertical permettait une rotation sur l'axe y la première molaire maxillaire droite

s'est non seulement déplacée distalement, mais elle a également subi une rotation mésiale vers l'extérieur et distale vers l'intérieur (mésial out distal in). [33]



Figure 90: tubes molaires placés verticalement. [33]

Les FEB asymétriques : Il est possible d'obtenir une action asymétrique en déplaçant la ligne d'action de la force en modifiant la longueur ou l'écartement d'une branche externe, La force est plus importante du côté de la branche la plus longue ou la plus écartée. La force résultante déporte latéralement, Les forces distalantes sur les deux molaires sont alors inégales. (la molaire à distaler peut subir une rotation).

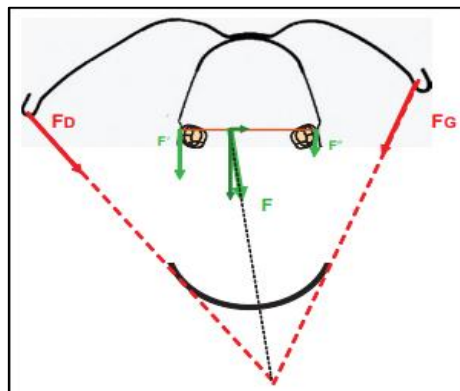


Figure 91: FEB asymétrique. [7]

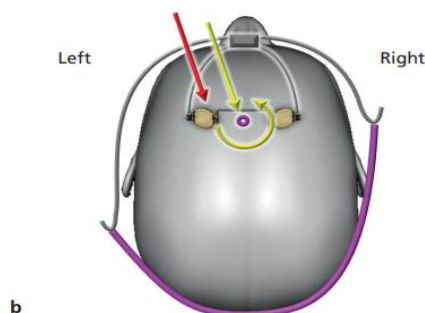


Figure 92: système de forces d'une FEB asymétrique. [33]

(a) Les forces (flèches rouges) sont remplacées par une résultante (flèche jaune) qui est décentrée. (b) La force décentrée (flèche rouge) est remplacée par un système de force

équivalent au niveau de la C (flèches jaunes), qu'il comprend une force oblique et un couple antihoraire, et La molaire gauche se déplacera plus distalement que la molaire droite.

Applications cliniques des FEB asymétriques :

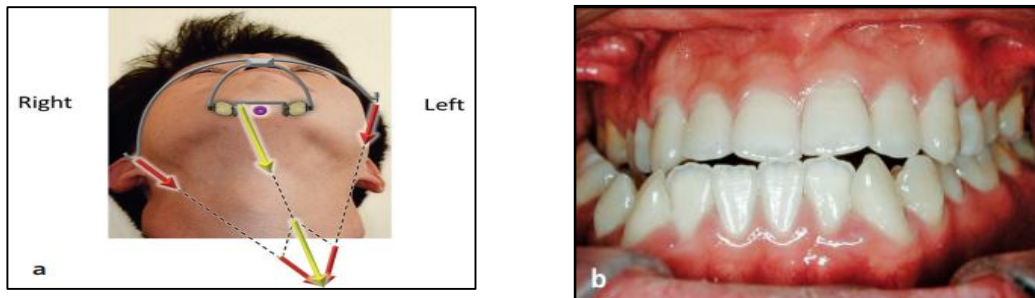


Figure 93: Application clinique d'une FEB asymétrique. [33]

(a) La molaire maxillaire droite a besoin d'un mouvement distal plus important que la molaire gauche, et les deux molaires doivent se déplacer vers le côté gauche pour décompenser l'inclinaison axiale bucco-linguale. La résultante des forces asymétriques est remplacée par un système de force équivalent (flèches jaunes) au niveau du CR, montrant un moment souhaitable et une force latérale vers la gauche. (b) La force latérale de décompensation aggrave l'articulation unilatérale inversée avant l'intervention chirurgicale.

Les molaires subissent des forces distales asymétriques et en même temps, une composante latérale (horizontale) de la force, dans cette situation clinique la force latérale est souhaitable pour décompenser la bucco version de la zone des molaires maxillaires droites pour la chirurgie et n'est pas considérée comme un effet secondaire.

Les cas cliniques doivent être soigneusement sélectionnés avec une compréhension complète des limites possibles des forces asymétriques des FEB. Le rétrécissement de la largeur de l'arc interne peut se produire avec la conception asymétrique, avec la force latérale cela peut corriger l'articulée inversée unilatérale dans des cas bien choisis. [33, 59]

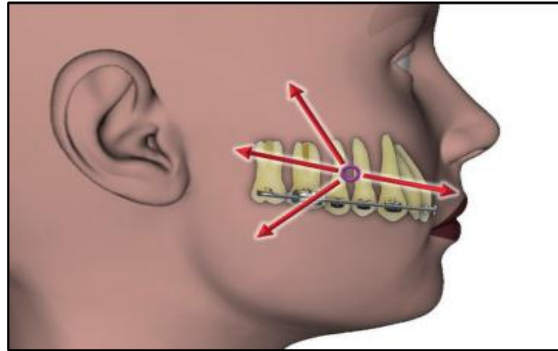
5.1.1.5.2 Action sur l'arcade maxillaire

Lorsqu'on associe les FEB à une thérapeutique multi-attache, Les forces délivrées peuvent être appliquées non seulement à la première molaire mais aussi à l'arcade complète, Pour notre analyse nous supposons que toutes les dents sont connectées de manière rigide. Un fil rond dans les dents antérieures permettra de faire basculer les incisives et ne reflétera pas les changements anticipés.

Si des fils plus flexibles sont utilisés, le fil peut se plier entre les brackets, produisant des effets secondaires d'une dent à l'autre.

Néanmoins, le fait de considérer une arcade complète comme une unité est très utile pour anticiper les effets du traitement, même si la rigidité n'est pas totale.

On peut estimer que le Cr d'une arcade entière se situe entre les racines des deux prémolaires (cercle violet sur la figure), Par conséquent : -Une force appliquée au Cr de l'arcade complète peut produire une translation dans plusieurs directions.



. Figure 94: force appliquée au Cr de l'arcade maxillaire [33]

-Une force s'éloignant de la de le CR produit une force et un couple. De nombreuses lignes d'action de ces forces potentielles peuvent produire une rotation de l'ensemble de l'arc autour de le CR.

- Certaines forces peuvent produire un moment dans le sens horaire en inclinant le plan occlusal.

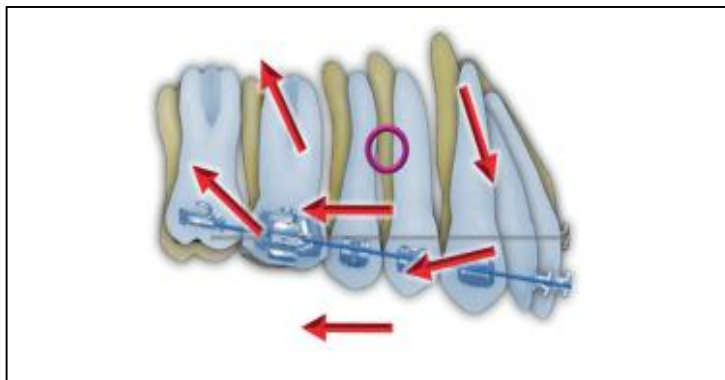


Figure 95: force appliquée à distance du Cr produisant un moment horaire.[33]

- D'autres forces peuvent produire un moment dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, faisant tourner le plan occlusal vers le haut dans la région antérieure.

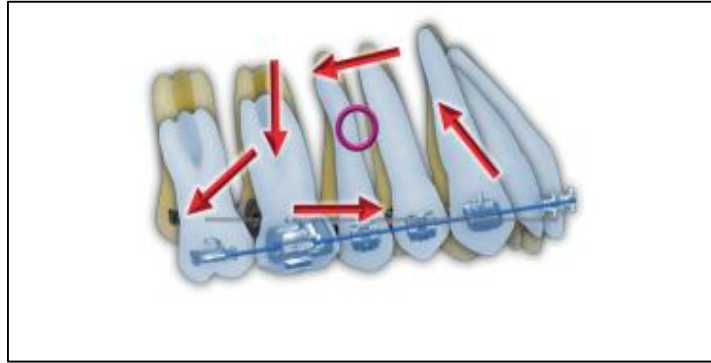


Figure 96: force appliquée à distance du Cr produisant un moment anti horaire.[33]

Des modèles de FEB similaires à ceux évoqués pour le mouvement des molaires peuvent être sélectionnés pour fournir le système de force correct sur la base des objectifs de traitement pour l'ensemble de l'arcade. Comme précédemment dit la clé du succès est la détermination d'une ligne d'action de la force.

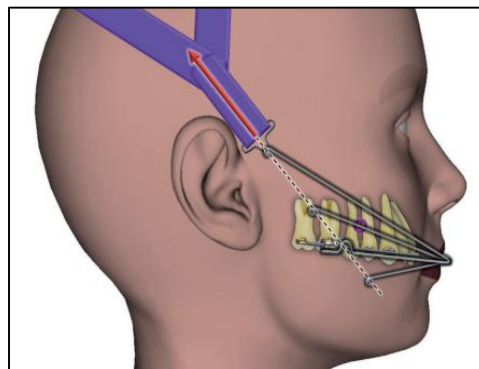


Figure 97:FEB à traction haute avec différents longueurs et positions de l'arc externe [33]

=>Les trois arcs extérieurs varient en longueur et en position, mais l'effet est le même car la force unique produite par chaque arc (flèche rouge) partage la même ligne d'action.

•Effets d'une FEB à traction basse :

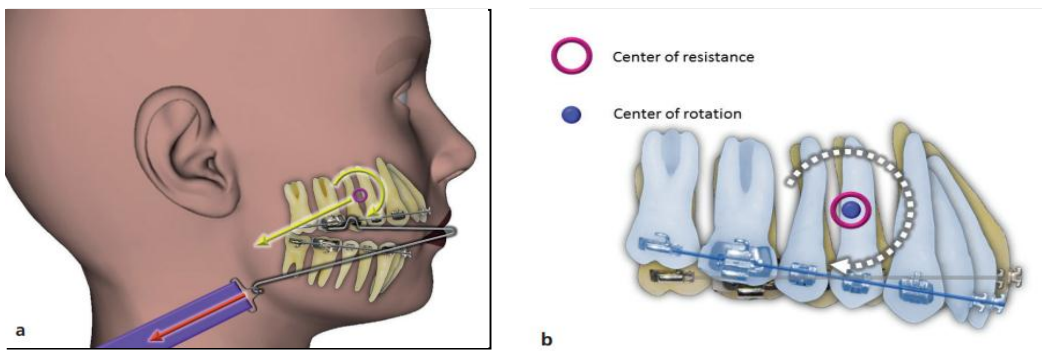


Figure 98: effets d'une FEB à traction basse sur l'arcade maxillaire. [33]

=> (a) Modification de l'inclinaison du plan occlusal maxillaire à l'aide d'une coiffe à traction cervicale : Pour comprendre l'effet sur l'arcade maxillaire, la force de la FEB (flèche rouge) est remplacée par un système de force équivalent au niveau du Cr (flèches jaunes). L'arcade maxillaire s'extrude par rapport au plan occlusal et tourne autour de CR dans le sens des aiguilles d'une montre. (b) Sens de rotation de l'arcade maxillaire : cette rotation compense la composante extrusive de la coiffe cervicale. L'effet global est de raidir le plan occlusal maxillaire et de réduire l'open bite.

- **Effets d'une FEB à traction haute :**

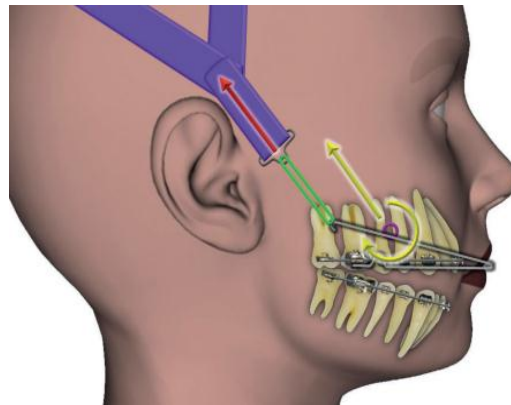


Figure 99:effets de FEB à traction haute sur l'arcade maxillaire. [33]

=>Modification de l'inclinaison du plan occlusal à l'aide d'une FEB à traction occipitale, La force (flèche rouge) est remplacée par le système de force équivalent au niveau du Cr (flèches jaunes). L'arcade maxillaire fait intrusion par rapport au plan occlusal et tourne autour de CR dans le sens des aiguilles d'une montre. Ce type de FEB réduit la dimension verticale et fait pivoter la mandibule vers l'avant plus efficacement que la coiffe cervicale précédente.

- **Effets d'une FEB combinée :**

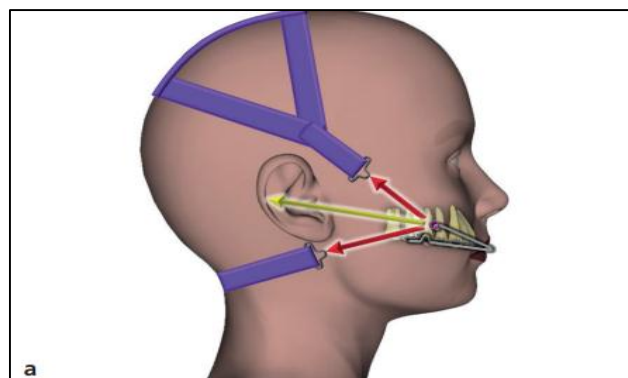


Figure 100:effets de FEB combinée sur l'arcade maxillaire. [33]

=>La force résultante (flèche jaune) des coiffes occipitale et cervicale traverse le CR de l'arc complet parallèlement au plan occlusal et provoque une translation distale de l'arcade maxillaire. [33]

5.1.1.1.6 Effets des différents types de forces extra-buccales :

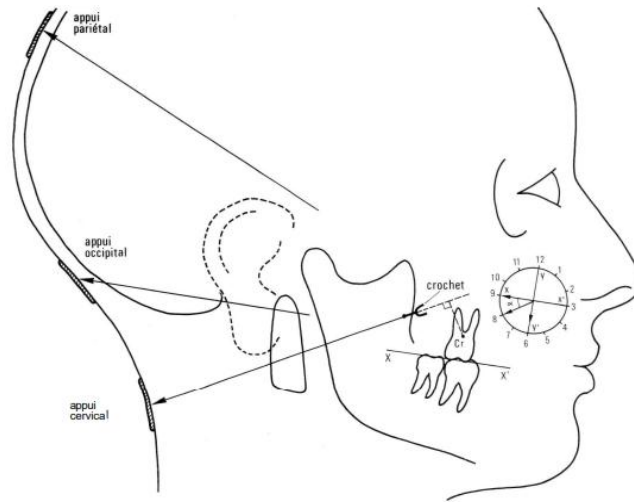


Figure 101: Les différents types de FEB. [8]

XX' = plan d'occlusion, parallèle au diamètre XX' du cercle. Le centre du cercle correspond au crochet sous tension. Cr = centre de résistance. Angle a = angle plan d'occlusion/crochet sous tension, point d'ancrage. Exemples : si l'angle a = 0 → translation distale. Angle a sous l'axe 9-3 → égression des molaires. Angle a au-dessus de la ligne 9-3 → ingression.

5.1.1.1.6.1 Traction basse

L'appui est cervical, la direction de la force est plus basse que le plan d'occlusion. - forte réduction du décalage des bases osseuses : recul du point A; -correction du décalage antéro-postérieur (réponse dento-alvéolaire) ; -position plus postérieure de la fente ptérygomaxillaire. - légère bascule du plan palatin vers le bas : tendance à la rotation postérieure mandibulaire et augmentation de l'étage inférieur de la face. - tendance à la linguocclusion des premières molaires. Indiquée en cas de face courte ou moyenne (cl II div 1 et cl II div 2).

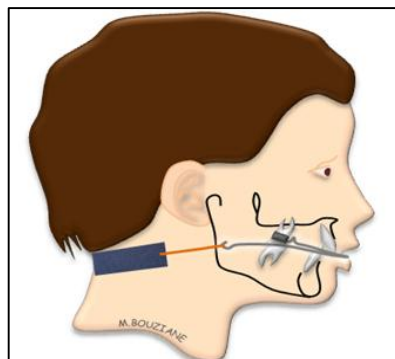


Figure 102: FEB sur bague traction basse.[8]

5.1.1.1.6.2 Traction haute

L'appui est pariétal. -pas de changement au niveau du plan d'occlusion; -blocage de l'éruption verticale du maxillaire: - vestibulo-version des premières molaires, résultante parasite qui peut être évité par l'adjonction d'un arc transpalatin. Indiquée en cas de Classe II avec DV augmentée (face longue).

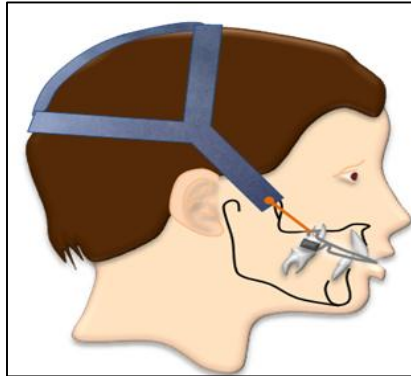


Figure 103: FEB sur bague traction haute. [8]

5.1.1.1.6.3 Traction moyenne

L'appui est occipital, la force est parallèle au plan d'occlusion.
- elle ne change pas la DV. -légère ingression molaire; - légère rotation postérieure de la mandibule. -déplacement distal parallèlement au plan d'occlusion. Indiquée pour le recul des molaires sans modifier la DV (face moyenne).

5.1.1.1.6.4 FEB combinée

L'utilisation de 2 forces d'orientation différente et d'intensité identique ou variable, Indiquée à 10% des cas de CL II pour éviter l'extrusion molaire. - Un mouvement distal de translation. - Une légère intrusion molaire. -Une extrusion incisive. -Rotation du plan palatin. [8]

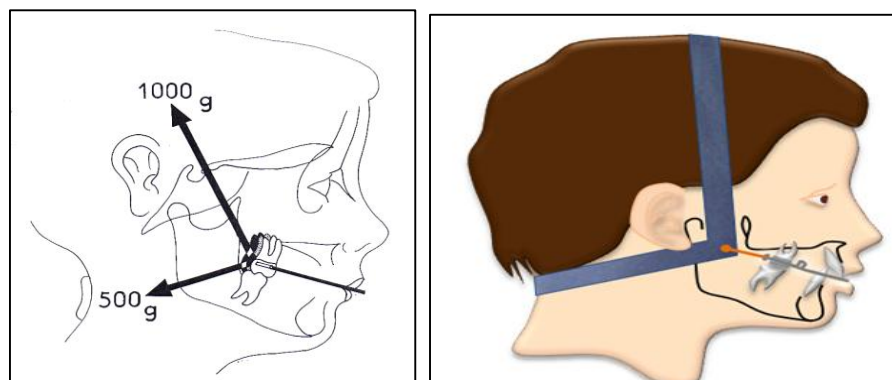


Figure 104: FEB à traction combinée.[8]

5.1.1.1.7 Réglage des FEB

5.1.1.1.7.1 Choix de la traction Il détermine la composante verticale de la force exercée sur les molaires et dépend donc du type de croissance du patient : -un ancrage cervical provoque une égression de la molaire qui ouvre l'occlusion et favorise la rotation postérieure de la mandibule. Ce type d'ancrage est à proscrire chez les sujets hyperdivergents ou ayant tendance à la rotation postérieure ; -un ancrage pariétal, ou à un degré moindre occipital exerce une force ingressive sur les molaires maxillaires freinant ou bloquant leur égression. Ce type de traction est donc recommandé : – chez les sujets hyperdivergents ou à rotation postérieure pour contrôler les molaires maxillaires et essayer de réduire cette tendance de croissance, – lorsque les forces extra-orales stabilisent les molaires maxillaires contre l'action des tractions intermaxillaires.

5.1.1.1.7.2 Réglage des branches internes La boucle de compensation et la butée sont ajustées de manière à ce que l'arc interne entre sans difficulté dans les tubes molaires et passe à environ 5 mm de la face vestibulaire des attaches des incisives.

Dans le sens transversal, une légère expansion peut être incorporée sur l'arc interne afin de compenser éventuellement : -le moment de version coronolinguale exercé par les forces extra-orales à traction basse ; -l'incoordination transversale entre les deux arcades au niveau molaire induite par le recul parallèle des molaires maxillaires face à une arcade mandibulaire divergente. Lorsque la force extra-orale sert d'ancrage, les moments parasites transversaux peuvent être contrôlés par le port d'un arc transpalatin ou par l'arc orthodontique.

5.1.1.1.7.3 Réglage des branches externes La longueur et l'orientation des branches externes sont adaptées en fonction de la version molaire désirée. La combinaison de ces deux paramètres doit permettre le passage de la ligne d'action de la force.

- Au-dessous du centre de résistance de la molaire (le crochet se situe alors au-dessous de la ligne joignant l'ancrage et la furcation molaire) lorsqu'un mouvement distoversion coronaire est recherché : -dans la première phase de recul, la distoversion lève les interférences occlusales postérieures, - pour s'opposer au moment de mésioversion induit par les tractions intermaxillaires de classe III ou les tractions intra-arcades, -pour ouvrir un espace important sur l'arcade.
- Au-dessus du centre de résistance de la molaire lorsqu'un moment de mésioversion coronaire est recherché : - pour corriger une distoversion trop importante et poursuivre le recul apical de la molaire. - pour s'opposer aux mouvements parasites

d'un arc d'ingression en technique segmentée. - pour favoriser l'action de recul apical niveau de l'arcade maxillaire.

- par le centre de résistance lorsqu'un mouvement de translation est souhaité pour le recul de la molaire.

Ce réglage peut être contrôlé en observant le mouvement vertical de l'arc externe antérieurement lors de la fixation de la traction élastique : s'il s'abaisse, les molaires se verseront distalement, s'il s'élève, elles se verseront mésialement. [7]

5.1.1.2 FEB sur molaire mandibulaire

Beaucoup moins utilisées par les auteurs, certains y sont même opposés pour des raisons cliniques et anatomiques (action nocive sur la capsule articulaire de l'ATM).

Ces tractions sur molaires inférieures sont habituellement utilisées pour empêcher la migration mésiale de la molaire après la chute des dents temporaires dans les malocclusions de cl III. Ce type de moyen utilise des branches longues ou moyennes et des tractions basses ou horizontales mais jamais hautes. Le tube est placé gingivalement, il faut habituellement couder l'arc interne pour que le sommet de l'arc se place entre les deux lèvres sans affaïsser l'inférieure. [60]

5.1.1.2.1 Les principes biomécaniques

Restent valables :

- Traction basse : il tend à ingresser la molaire et la verser distalement si les branches sont hautes et courtes et mésialement si elles sont longues.
- Traction horizontales: tend à égresser la molaire et la verser mésialement si les branches sont orientées en bas et longues et distalement si les branches sont moyennes ou hautes.

5.1.1.3 Modalités pratiques

5.1.1.3.1 Le moment d'application la période la plus favorable se situe au moment de l'évolution des prémolaires supérieures, lorsque les germes des dents de 12 ans sont encore haut placés. Si toutefois la séquence est inversée (7 puis 5), il faut appliquer la force extra buccale plus précocement. [7]

5.1.1.3.2 Le port du dispositif Durée : il est recommandé de faire agir la F. E. B. de 10 h à 14 h ou plus par 24 h selon que l'on souhaite obtenir un simple blocage des molaires ou un distalage de ces dents, Ce dispositif doit être porté, en moyenne, 90 heures par semaine. Il est possible de compenser un port diurne insuffisant, dû à une impossibilité matérielle, en conservant la FEB plus longtemps le lendemain. Contrôle du port : -remettre au patient une carte lui permettant d'indiquer les heures de port. - changer fréquemment la bande de nuque ou

le casque. -possibilité d'utilisation d'un dispositif sophistiqué d'enregistrement des heures de port (Aledyne Corporation). -enquêter auprès de la famille pour vérifier la régularité du port et déceler certaines difficultés, éviter de donner l'image d'une coalition des adultes contre l'enfant. [7, 59]

5.1.1.3.3 Intensité

L'opinion des auteurs varie au sujet de l'intensité de la force : - GRABER : une force de 400 g est suffisante pour bloquer le mouvement mésial des molaires. - LANGLADE : il faut au moins 500 g pour distaler des molaires. - HAAS : des forces de 1500 à 2500 g sont nécessaires pour obtenir des changements orthopédiques.

En fait, il semble que ces valeurs varient d'un individu à l'autre. Des forces légères de 180 à 280 g seraient nécessaires pour le maintien des molaires. Pour obtenir des changements orthodontiques notamment de recul, il faut des forces supérieures à 500 g. Pour obtenir de véritables changements orthopédiques, il serait nécessaire de les augmenter à 1000 voire 1500g. [59]

5.1.1.4 Cas clinique de la littérature traité par le Dr Esparceil A.L. est une jeune patiente de 9 ans et 10 mois présentant une classe II division 1 occlusale dans un contexte squelettique de classe I mésodivergente tendance hypodivergente en denture mixte. Un traitement multi- attache est mis en œuvre avec distalisation des molaires maxillaires par FEO orthodontiques sur 16 et 26, Après recul de 16- 26, les dents maxillaires sont distalées pour permettre la correction de la classe II canine et du surplomb. L'arcade mandibulaire est nivelée



Figure 105 : Photographies exobuccales montrant l'aspiration de la lèvre inférieure dans le surplomb. [62]



Figure 106: Photographies endobuccales : classe II division 1 avec supraclusion incisive. [62]



Figure 107: Téléradiographie de profil I montrant la position normale de l'incisive mandibulaire et la proalvéolie maxillaire.[62]



Figure 108: Radiographie panoramique. [62]

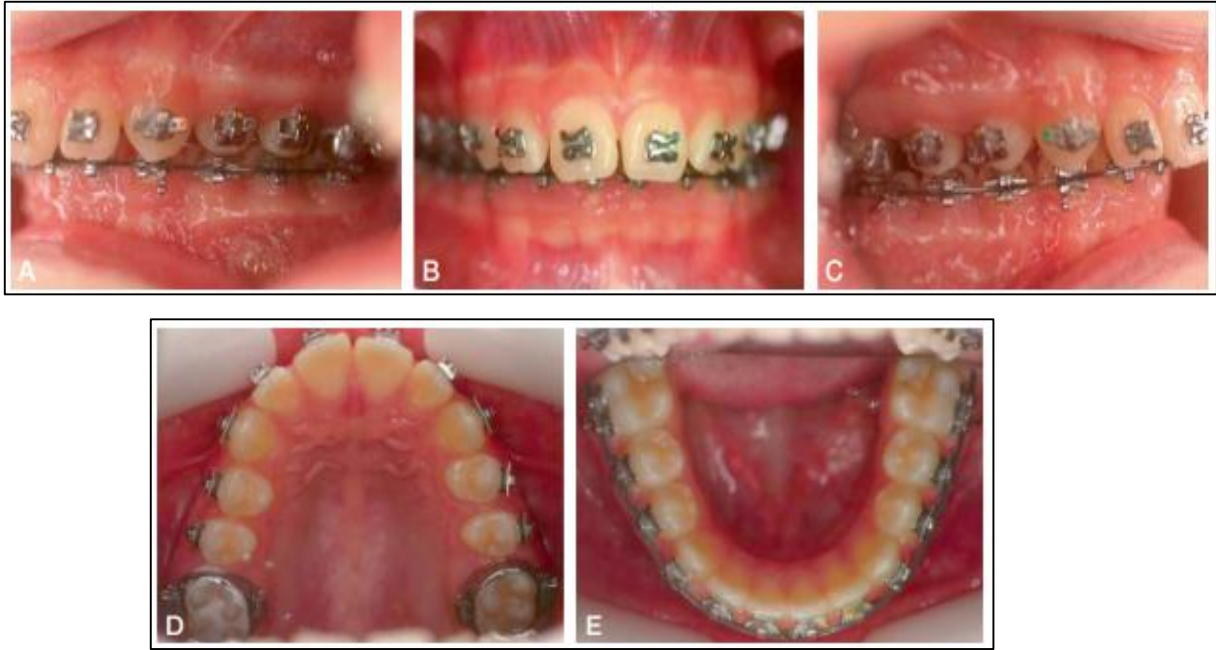


Figure 109: Vues endobuccales pendant le recul des molaires maxillaires. [62]

Les figures montrent la correction de la classe molaire et l'ouverture d'espaces en mésial des 16- 26 et entre les prémolaires. [62]

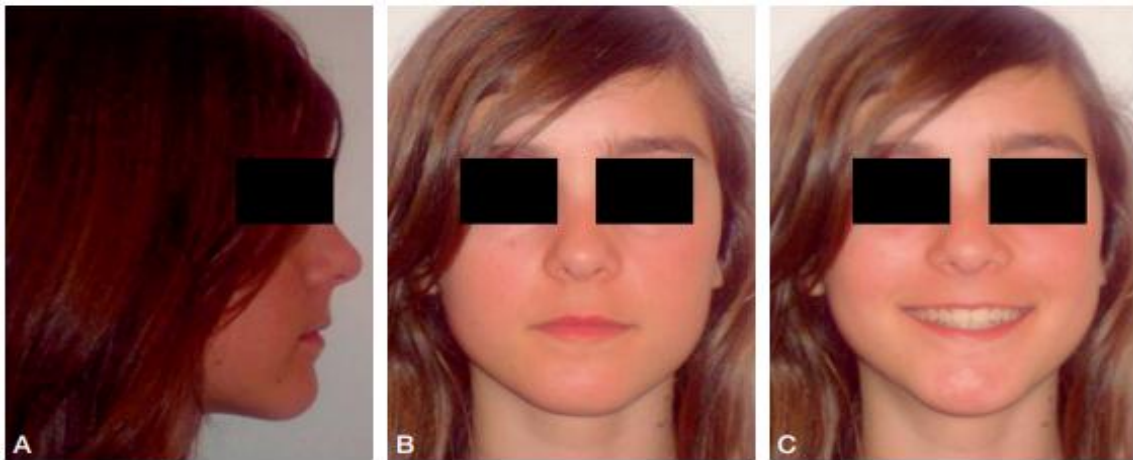


Figure 110: photographies exobuccales et sourire en fin de traitement. [62]



Figure 111: Photographies endobuccales : occlusion de classe I et correction de la supraclusion. [62]

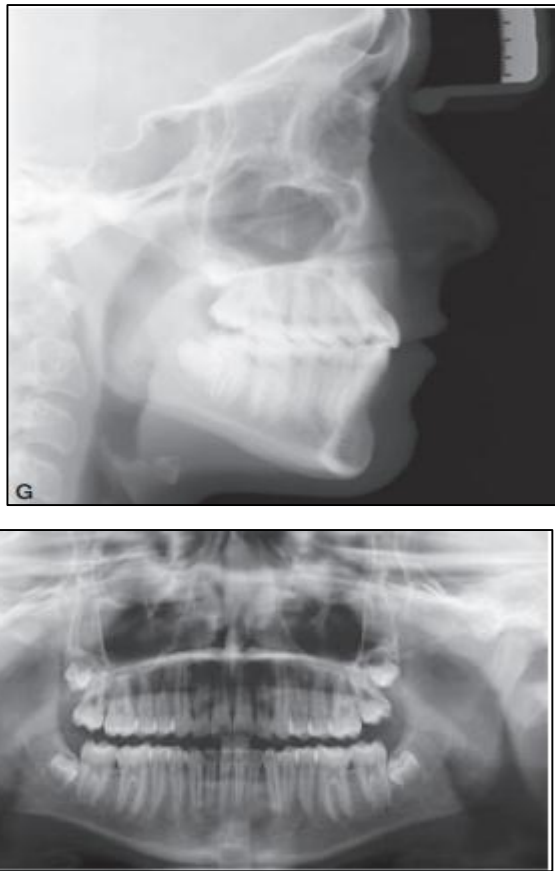


Figure 112: Téléradiographie de profil et panoramique en fin de traitement. [62]

5.1.2 Forces extra-oraux sur gouttière (C Modeler)

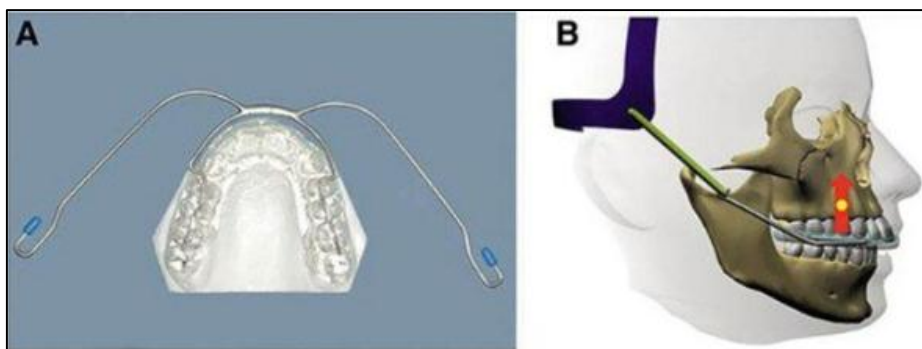


Figure 113: FEB sur gouttière.[64]

5.1.2.1 Description

Ce sont des appareillages utilisant des forces extra buccales dont l'action est répartie sur l'ensemble de la denture, à l'aide d'une gouttière en résine réalisée sur l'arcade maxillaire, l'arc interne de l'arc facial est inclus dans la résine ou amovible et couissant dans 2 tubes latéraux. Il s'agit d'un dispositif à mode d'action orthopédique permettant d'appliquer des forces lourdes intermittentes, à direction antéropostérieure.

Cet appareil sollicite ainsi les sutures ptérygopalatine, zygomaticotemporale, zygomatimaxillaire et frontonasale.

Caldwell et Thurow utilisent une gouttière amovible englobant toute l'arcade maxillaire; Damon solidarise les dents des secteurs latéraux et Graber préconise l'utilisation d'une plaque amovible englobant les dents maxillaires et la surface palatine, ce qui aurait comme avantage de distribuer une partie des forces par l'intermédiaire du palais dur. Certains utilisent une solution fixe : Amoric colle une gouttière thermoformée et Mills utilise un appareil multi bague.

La traction est haute avec un appui occipito- pariétal. De cette façon le vecteur de force passe près du centre de résistance du maxillaire engendrant peu de rotation.

L'appareil se compose d'une gouttière dans laquelle sont inclus un arc facial et un appui occipital relié à l'arc facial par des anneaux de caoutchouc. [8,43,62]

- **La gouttière**

Description de la gouttière de J.Philippe : gouttière en résine recouvrant les faces linguales triturantes et vestibulaires de toutes les dents, particulièrement au niveau incisif, le palais est dégagé.



Figure 114: La gouttière de J.Philippe, portée avec le casque de traction haute, l'arc facial est incorporé antérieurement dans la résine. [62]

La résine doit couvrir la plus grande partie de la face vestibulaire des incisives pour réduire le mouvement parasite de linguo-version.

Le contrôle de la rotation maxillaire et de la rotation du plan d'occlusion est assuré par le réglage des branches externes de la FEO en suivant les principes de Teuscher.



Figure 115: FEB sur gouttière englobant les secteurs latéraux (d'après Salvadori). [62]

Variantes :

Différentes formes de gouttières peuvent être utilisées :

- gouttière lisse qui englobe la totalité de l'arcade maxillaire, plus de 2mm de gencive autour des dents, elle doit être parfaitement ajustée aux dents, elle ne doit comporter aucun crochet ou autre dispositif de rétention. La surface occlusale est plane et adaptée à la surface occlusale inférieure, le palais n'est pas recouvert. Elle supprime les interférences occlusales permettant ainsi l'expression du potentiel de croissance mandibulaire.

-gouttière avec un plan de propulsion. La face inférieure de la gouttière peut-être adaptée à la mandibule, placée en propulsion forcée. Elle ajoute une action de propulsion mandibulaire (effet activateur) et de reculer en même temps la partie basse du maxillaire (action de la FEB sur gouttière). Il donne parfois des résultats remarquables et rapides.

-D'autres variantes peuvent être envisagées associant la FEO à une plaque palatine. [62]

- **L'arc facial**

Les branches internes de l'arc facial sont incluses dans la gouttière le long des faces vestibulaires. La jonction entre arc interne et externe repose sur le bord libre des incisives. Les branches externes sont très courtes et relevées.

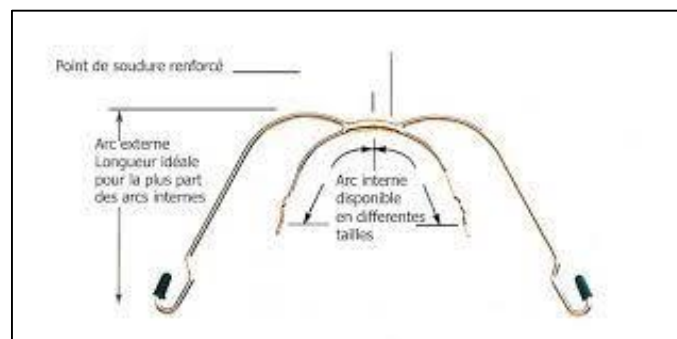


Figure 116: les différents composants de l'arc facial.[65]

- **L'appui occipital ou pariétal.**

- **Les élastiques :**

- Développent une force de 1000 g de chaque côté.



Figure 117: les modules de traction.[66]

5.1.2.2 Mode d'action

Les forces appliquées sont lourdes donc orthopédiques et elles permettent de modifier de façon significative l'activité des sutures péri maxillaires.

Cet appareil permet un freinage de la croissance sagittale du maxillaire.

Il existe des effets orthodontiques : version distale des dents de l'arcade maxillaire concernées par l'appareil, linguoversion des incisives maxillaires et mouvement mésial de l'arcade mandibulaire. [43,62]

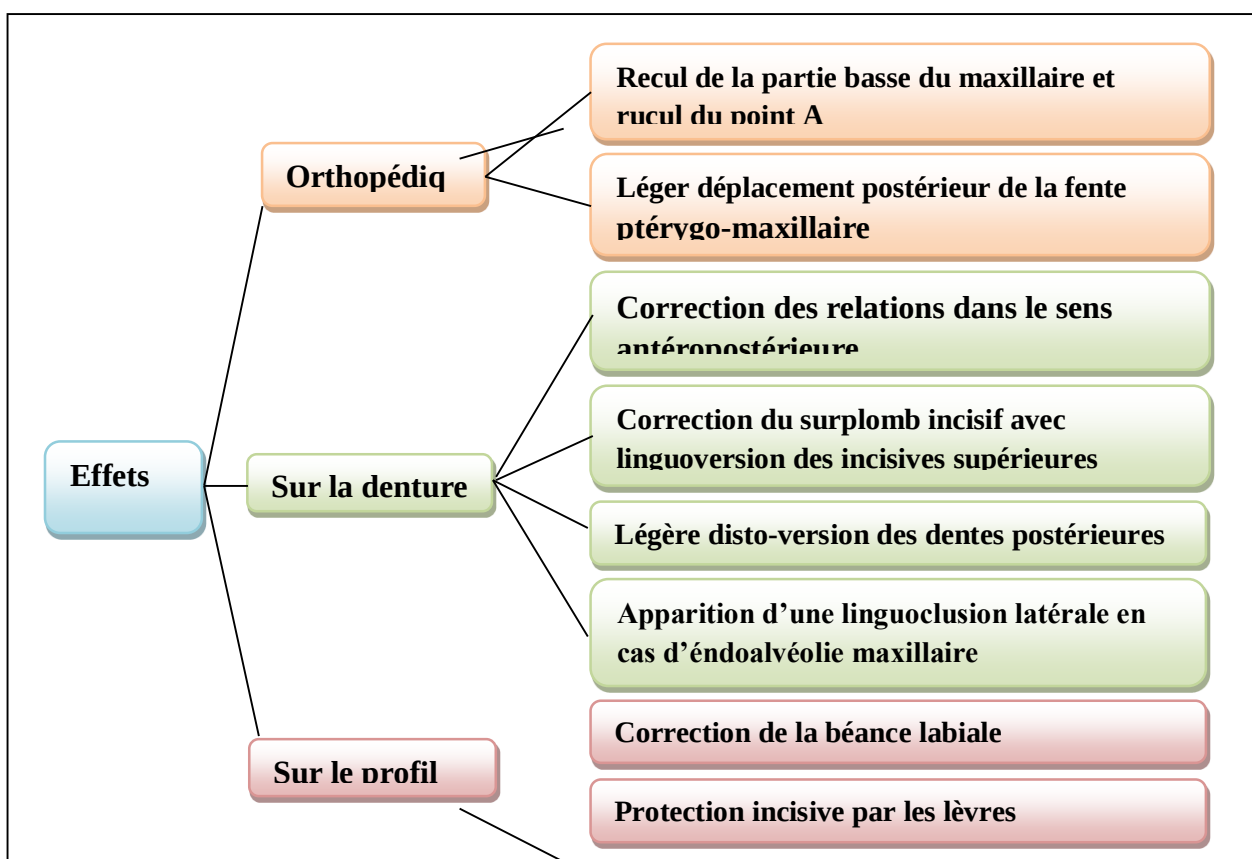


Figure 118: schéma représentatif des différents effets des FEB sur gouttière.[43]

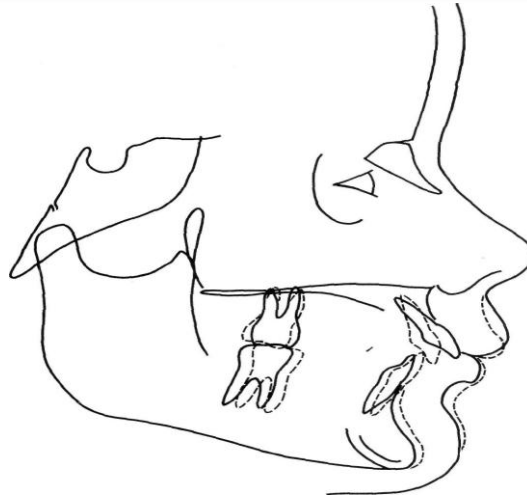


Figure 119: effets d'une FEB sur gouttière portée 8 mois. [8]

5.1.2.3 Analyse biomécanique

5.1.2.3.1 Contrôle sagittal

Pour éviter une trop grande linguoversion des incisives maxillaires, la résine doit recouvrir plus de la moitié de la face vestibulaire des incisives. [7]

5.1.2.3.2 Contrôle vertical

Concernant le contrôle du sens vertical, selon les réglages des branches externes de l'arc facial, il est possible de contrôler le plan palatin et le plan d'occlusion.

Le réglage du positionnement et de la longueur des branches externes de l'arc facial est primordial, car il détermine la situation du vecteur de force.

Le contrôle du sens vertical se fait en orientant les branches externes de l'arc facial, trois situations peuvent se présenter en fonction de l'orientation des branches externes de l'arc facial :

➤ Les branches externes sont basses:

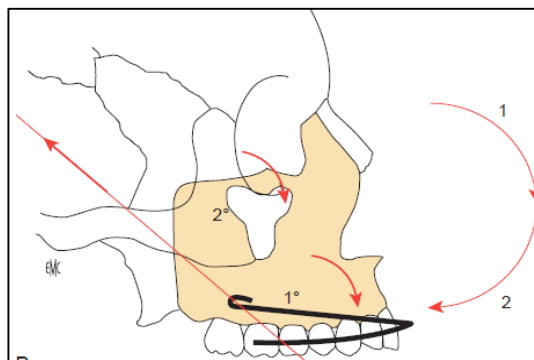


Figure 120: branches externes basses. [63]

Le vecteur de force engendré passe sous les deux centres de résistance. Il en résulte une bascule horaire des plans palatin et occlusal avec descente de leur partie antérieure et maintien,

voire remontée, de leur partie postérieure. Ceci se traduit par une augmentation du recouvrement incisif et une diminution de la hauteur faciale postérieure. On obtiendra une ouverture de l'axe facial.

✓ Ce type de réglage des branches externes sera à éviter chez les sujets de type brachyfacial avec supraclusion incisive, mais sera recherché dans le traitement des cas mésofaciaux ou dolichofaciaux avec béance ou tendance à la béance incisive.

➤ **Les branches externes sont moyennes :**

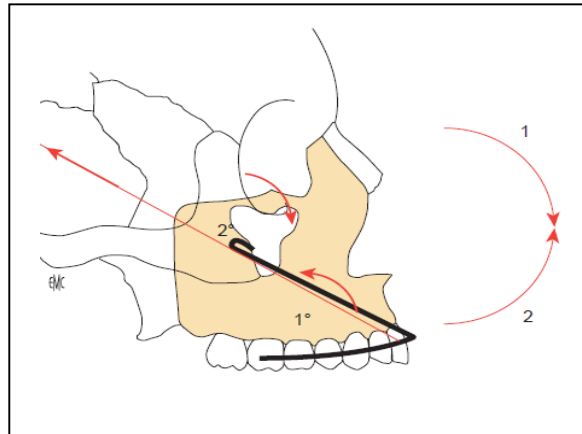


Figure 121: branches externes moyennes. [63]

Le vecteur de force passe au-dessus du centre de résistance alvéolodentaire et au-dessous du centre de résistance du maxillaire. Il en résulte une bascule antihoraire du plan occlusal et horaire du plan palatin. Cliniquement, cela se traduit par une diminution du recouvrement incisif et une faible augmentation de la hauteur faciale postérieure.

✓ Cet effet est recherché dans les cas de supraclusion modérée à typologie normodivergente ou légèrement hypodivergente.

➤ **Les branches externes sont hautes :**

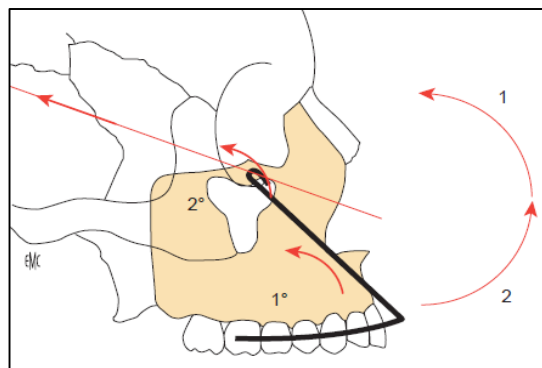


Figure 122: branches externes hautes.[63]

Le vecteur de force passe au-dessus du centre de résistance alvéolodentaire et maxillaire entraînant une bascule antihoraire du plan d'occlusion et du plan palatin avec remontée de leur partie antérieure et descente de leur partie postérieure. Ceci permet une correction du recouvrement incisif et une augmentation de la hauteur faciale postérieure entraînant une rotation postérieure.

✓ Cet effet est recherché dans les cas brachyfaciaux avec forte supraclusion. [7, 61]

5.1.2.3.3 Contrôle transversal

L'adjonction d'un vérin dans la gouttière ou l'expansion préalable du maxillaire permettent de corriger le sens transversal si nécessaire. Les forces utilisées sont lourdes, entre 400 et 1000 g, voire 1500 g.

Le port intermittent (12 h/24) serait un facteur indispensable à l'obtention de l'effet orthopédique et à la diminution de l'effet orthodontique. [7]

5.1.2.4 Indications

Les forces extra-orales sur gouttière doivent être utilisées :

-cas de classe II, division 1 sans DDM avec type de croissance moyen ou horizontal, profil convexe et recouvrement incisive moyen ou diminué. Les dents supports doivent être stables donc au stade de la denture mixte stable.

Applications :

-soit en denture mixte stable ; traitement en deux étapes
-soit en denture mixte avancée, afin que la deuxième étape orthodontique succède sans hiatus à la première phase orthopédique.

5.1.2.5 Contre-indications

- Face longue ++
- DDM postérieure.
- Disto-version initial des premières molaires.
- Supraclusion incisive inférieure accentuée.
- Si le plan de traitement prévoit des extractions.

Une exception : en cas de DDM en classe II, le port de la FEB sur gouttière, pour la correction des relations de classe II, peut précéder la procédure des extractions pilotés.

5.1.2.6 Le port de dispositif

Les forces utilisées sont lourdes, entre 400 et 1000 g voire 1500 g, leur augmentation doit être très progressive ; le port intermittent (12 h/24) serait un facteur indispensable à l'obtention de l'effet orthopédique et à la diminution de l'effet orthodontique.

-faire un test de 6 mois pour apprécier la coopération de l'enfant et la malléabilité osseuse, si le test est positif, l'action doit se poursuivre au plus de 12 à 15 mois pour éviter la lassitude de l'enfant «frapper fort pendant un temps bref »

-contrôler toutes les six semaines, sauf en cas de coopération insuffisante.

5.1.2.7 Avantages

Modifications orthopédiques.

Réalisation facile.

Contrôles espacés.

Les forces exercées peuvent être très importantes (jusqu'à 1 kg) permet d'éviter les extractions si les effets recherchés sont obtenus.

5.1.2.9 Inconvénients

-Nécessaire le plus souvent une deuxième étape en technique fixe

-Augmente la durée globale du traitement.

-peut provoquer un encombrement postérieur et une bascule en bas et en avant du plan bispatial.

-entame le «capital de coopération » de l'enfant. [8]

5.1.3 Forces extra-oraux sur activateur

5.1.3.1 Définition des activateurs de croissance

Les activateurs de croissance sont des appareils orthopédiques fonctionnels qui induisent une position de morsure mandibulaire inhabituelle, reproductible, et guidée par un positionnement occlusal, muqueux ou mécanique. Ils activent les constituants de l'appareil manducateur, et leurs fonctions, afin de contribuer à la correction des dysmorphoses squelettiques et dento-alvéolaires chez le patient en cours de croissance.

Il existe trois grandes familles d'activateurs de croissance, et leur classification est fondée sur les similitudes et convergences dans les dispositifs de positionnement de la morsure mandibulaire. [63]



Figure 123: Activateur de croissance. [63]

5.1.3.2 Association activateur et force extra-orale

Hasund est le premier à décrire l'utilisation d'un activateur associé à une force extraorale. Cette association peut être utilisée à la fois pour le contrôle du sens vertical et pour augmenter l'action de freinage de la croissance du maxillaire.

Elle est indiquée dans les cas de classe II à prédominance maxillaire ou bien mixte avec un schéma de croissance mandibulaire peu favorable (rotation postérieure légère).

La direction de traction est haute avec un appui crânien par casque occipitopariétal.

L'intensité de la traction élastique est proportionnelle à l'importance du freinage de la croissance maxillaire.

Concernant le contrôle du sens vertical, selon les réglages des branches externes de l'arc facial, il est possible de contrôler le plan palatin et le plan d'occlusion.

Ce contrôle est basé sur les principes de Teuscher. Il énonce un concept global de l'utilisation de cet appareil en analysant les conditions biomécaniques au niveau du massif facial, de la force résultant de l'effet activateur et de la force extraorale.



Figure 124: Activateur associés à une force extra-orale. [63]

Si l'on considère l'activateur seul, la réaction des muscles rétropulseurs mis en jeu engage une force dont la ligne d'action passe au-dessous du centre de résistance maxillaire et alvéoldentaire, induisant ainsi une rotation horaire parasite du maxillaire et du plan d'occlusion. Cette rotation postérieure atténue les effets de la correction de la classe II et entraîne une augmentation de la dimension verticale. L'utilisation d'une force extra-orale permet de modifier la direction de la résultante de la force.

Les forces engendrées par le dispositif extraoral ont une ligne d'action différente selon l'orientation des branches externes ; selon que cette ligne d'action passe par le centre de résistance, au-dessus ou au-dessous, il y a création d'un moment nul, positif ou négatif qui est à l'origine d'une translation, d'une bascule horaire ou antihoraire des différents éléments.

Selon le modèle de Teuscher, parfaitement décrit par Chabre , trois cas de figures peuvent se présenter en fonction de l'orientation des branches externes de l'arc facial(déjà cités dans les forces extra-orales sur gouttière). [7]

5.1.3.3 Mode d'action de l'association activateur-force extra-orale

- Les effets sont à la fois squelettiques et dentoalvéolaires ; selon Legoff et Lautrou la participation squelettique à la correction d'une malocclusion de classe II est incontestable et supérieure à la participation dentoalvéolaire.
- La croissance du maxillaire, représentée par le plan palatin, ralentit vers le bas et l'avant, avec une possibilité de contrôler sa bascule.
- La croissance de la mandibule est favorisée.
- Au niveau dentaire
 - Le glissement distal de l'arcade maxillaire avec version distale des molaires et linguoversion des incisives est variable selon le réglage des branches externes de l'arc facial ; plus les branches sont hautes, moins les versions sont importantes.
 - Le glissement mésial de l'arcade mandibulaire s'accompagne d'une vestibuloversion des incisives, et ce d'autant plus que les appuis muqueux sont réduits par rapport aux appuis dentaires. [61,63]

Le réglage des branches externes s'effectue en longueur de manière à ce que les crochets arrivent en regard des dents de 6 ans et en orientation selon les effets recherchés.

L'intérêt de la force extraorale réside dans la suppression des meulages des secteurs latéraux dans le but de corriger une supraclusion. Le fait de supprimer les meulages de résine latéraux permet d'éviter une égression molaire et ainsi une rotation mandibulaire postérieure avec augmentation de la dimension verticale. [63]

5.1.3.4 Les variantes des activateurs associés aux forces extra-orales

On distingue :

5.1.3.4.1 Activateur de Teuscher

Description

L'activateur comprend au niveau de sa partie maxillaire une plaque dégagée au palais ; les deux parties de résine latérale sont reliées par une barre palatine augmentant la stabilité de l'appareil. Des auxiliaires peuvent être ajoutés :

- au niveau des incisives maxillaires, des auxiliaires de contrôle de torque

➤ au niveau mandibulaire, dans les cas d'interposition labiale inférieure, des pelotes labiales permettent le positionnement de la lèvre sur les incisives maxillaires. La propulsion ne dépasse pas 6 mm (position de bout à bout incisif) ;

La force extra-orale est amovible et insérée dans des tubes localisés au niveau des prémolaires maxillaires. Les branches externes sont courtes et relevées



Figure 125: Activateur de Teuscher. [63]

5.1.3.4.2 Activateur de Chabre

Chabre utilise également une association activateur et force extra-orale à traction haute mais l'arc facial est incorporé dans la résine.

Description

➤ Le premier élément de l'appareil est l'activateur de type monobloc rigide.

Il présente une gouttière maxillaire partiellement dégagée au niveau du palais et englobant la totalité des couronnes dentaires jusqu'au-delà des collets en vestibulaire afin de permettre un déplacement en gression de ces dents et de réduire la linguoversion des incisives maxillaires.

La partie mandibulaire intéresse les faces linguales des dents et des procès alvéolaires. Les ailettes linguales doivent être profondes afin d'avoir le maximum d'appui sur la mandibule et de solliciter le moins possible les incisives mandibulaires afin d'éviter leur vestibuloversion.

L'activateur est construit en propulsion maximale non forcée avec une surélévation molaire de l'ordre de 4 à 6 mm mais pouvant varier en fonction du degré de supraclusion incisive (plus elle est importante, plus la surélévation est forte).

➤ Le deuxième élément de l'appareil est l'arc facial, dont l'arc interne est entièrement inclus dans la résine du côté vestibulaire de l'arcade maxillaire.

Les branches externes sont courtes et relevées faisant un angle plus ou moins important avec le plan d'occlusion en fonction des mouvements verticaux recherchés.

➤ L'appui crânien est occipital et détermine ainsi un vecteur de force dont la ligne d'action est dirigée en haut et en arrière, mais de pente variable selon le réglage des branches externes.

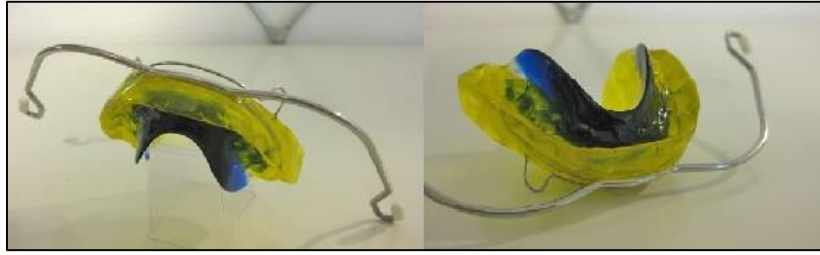


Figure 126: Activateur de Chabre. [63]

5.1.3.4.3 Activateur de Lautrou

Description

L'activateur de *Lautrou* est un monobloc dans lequel la force extraorale est directement noyée dans la résine et donc solidaire du monobloc. Les tractions peuvent être de deux types :

- type I : les branches externes sont parallèles au plan d'occlusion. La traction est haute. La ligne d'action de la force est donc postérieure, oblique en haut et en arrière, au niveau des premières molaires maxillaires.

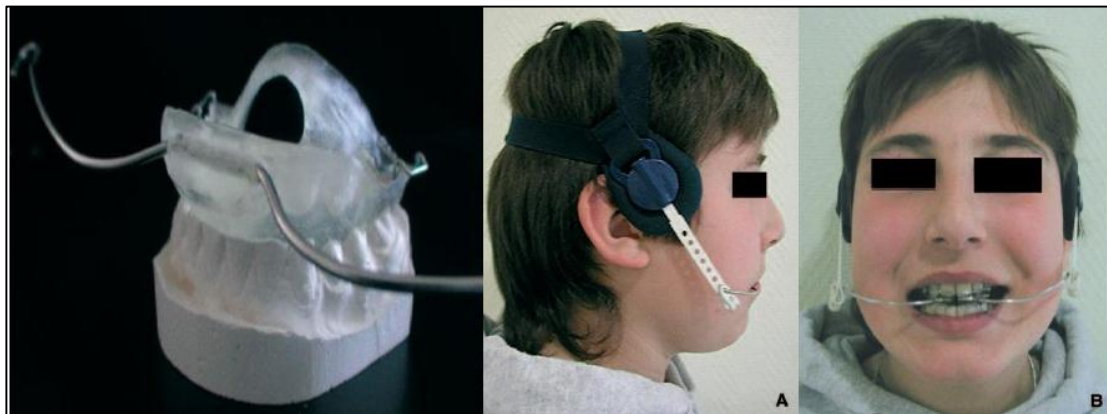


Figure 127: Activateur de Lautrou de type I (A, B).

-type II : il s'agit d'une force extraorale à charnière. La charnière peut être localisée entre les incisives (charnière basse) ou même plus haut sur la face vestibulaire des incisives maxillaires (charnière haute) si l'indication d'un recouvrement en gouttière est posée.

La traction en haut et en arrière s'exerce au niveau des incisives maxillaires.

Les deux dispositifs entraînent une rotation horaire du plan palatin, un peu moins dans le cas de la traction antérieure.

Dans le cas d'une force extra-orale à ligne d'action postérieure, la rotation du plan palatin est horaire, la rotation du plan d'occlusion se fait également dans le sens horaire.

Dans le cas d'une force extra-orale à ligne d'action antérieure, la rotation du plan d'occlusion se fait dans le sens antihoraire, alors que la ligne d'action de la force passant par le centre de résistance du maxillaire n'entraîne aucune rotation du maxillaire.

Pour Lautrou, la force extra-orale à charnière est un dispositif de choix pour rapprocher la ligne d'action des centres de résistance, tout en réduisant les risques de désinsertion postérieure du monobloc. [45,63]



Figure 128: Activateur de Lautrou avec FEB antérieure sur charnière. [62]

D'autres auteurs utilisent cette combinaison avec des variantes dans la description de l'appareil. Par exemple, l'activateur de Van Beek est peu étendu sur le palais et présente de grands volets linguaux à la mandibule, les branches de la FEO sont courtes et épaisses pour empêcher l'irritation des joues par les extensions du casque pariétal. [45]

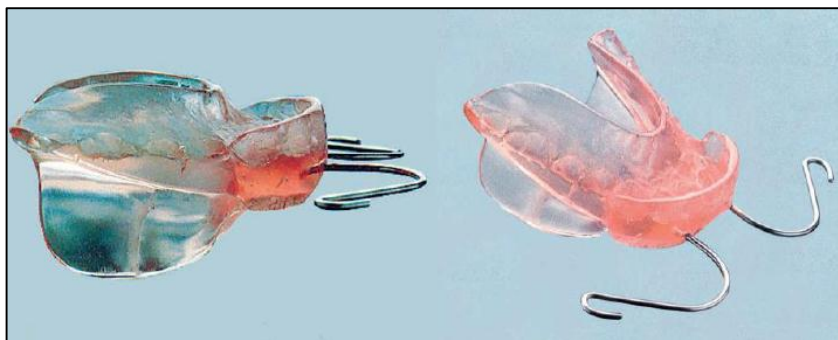


Figure 129: Activateur de Van Beek. [63]

5.1.4 Les forces extra-orales sur barrettes de Whitman (J Hooks)

5.1.4.1 Introduction

Ce type de forces extra-orales, souvent appelées «J Hooks» ou «forces directionnelles» car elles représentent le dispositif majeur du concept des forces directionnelles développé par Merrifield, s'applique directement sur un couple de dents ou sur l'arc. Elles permettent ainsi le recul des canines sans sollicitation de l'ancrage postérieur, le contrôle des effets parasites des mécaniques sur les dents antérieures et s'opposent aux mouvements de rotation horaire des plans horizontaux (plan palatin, plan d'occlusion, plan mandibulaire). En technique de

Tweed-Merrifield, elles permettent lors des différentes phases d'assurer un mouvement de rotation anti-horaire des arcades qui favorise la réponse de croissance mandibulaire.



Figure 130: Force extra-orale sur J Hooks à traction haute sur un jeune patient. [7]

Elles comprennent :

*Deux barrettes en forme de J dont une extrémité intra- orale est placée :

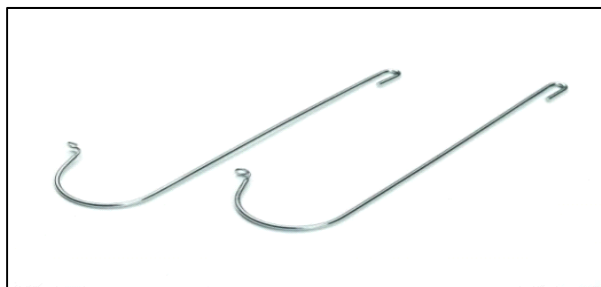


Figure 131: barrette (crochet) en J.

--sur l'arc, au contact de l'attache de la dent à reculer ,

– ou sur des crochets soudés sur l'arc :

entre les incisives centrales et latérales maxillaires,

ou entre les canines et les incisives mandibulaires .

L'autre extrémité est fixée au dispositif de traction. Ces crochets sont façonnés en fonction de leur point d'ancrage intra-oral pour contourner les commissures labiales ou les lèvres sans les blesser.

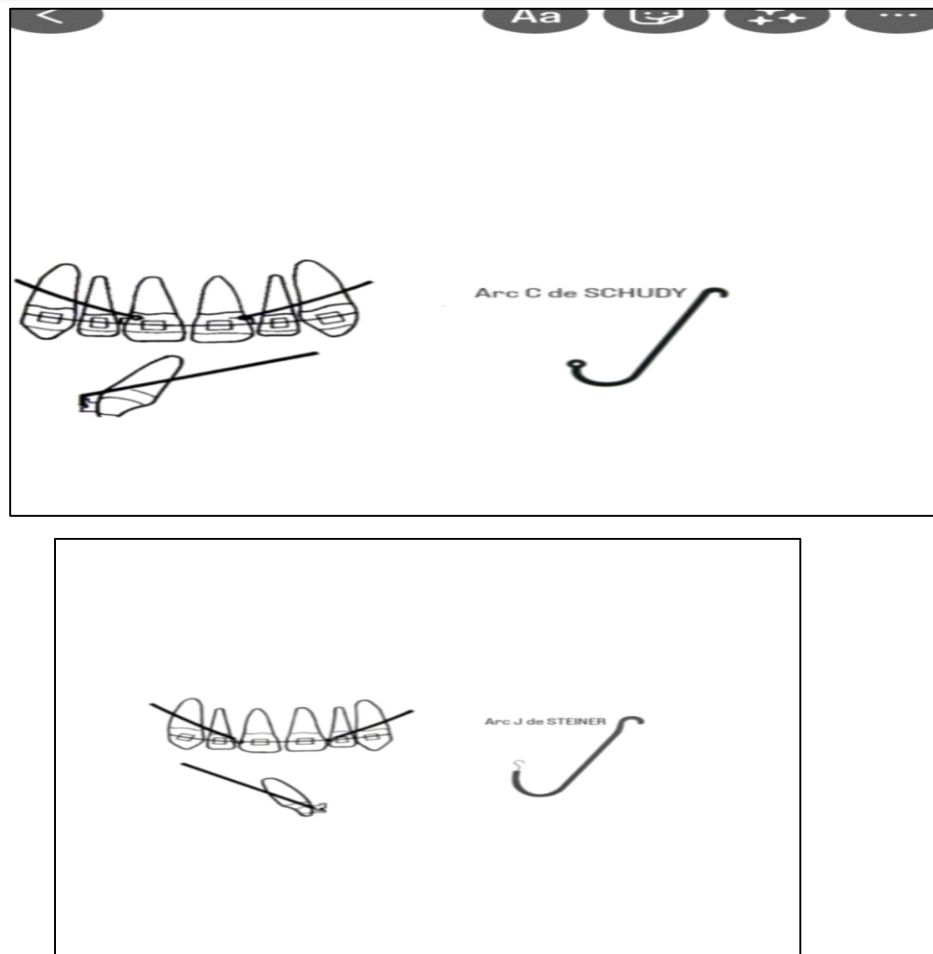
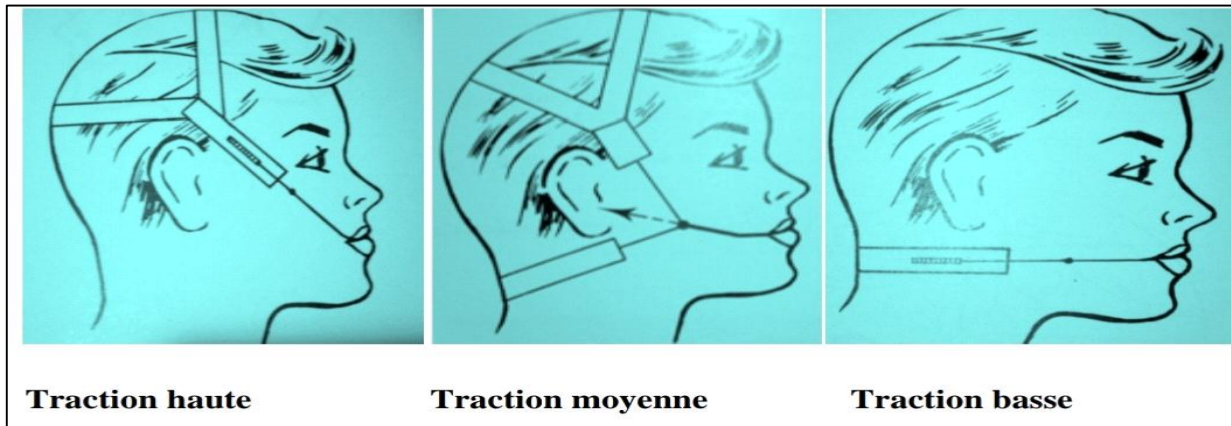


Figure 132 : l'anse de l'arc en J qui vient directement Figure 133 : l'anneau de l'arc de Schudy vient s'insérer sur l'arc.³ s'insérer dans les crochets soudés.

*un ancrage péricranien : Un casque extra-oral ou une bande cervicale permettent selon leur forme, d'exercer en fonction du cas :

* une traction basse (low pull) orientée en dessous du plan d'occlusion (inclinée d'environ 25°) ; très rarement utilisée elle est réservée à certains cas d'infraclusion incisive,

* une traction horizontale (straight pull) au voisinage du plan d'occlusion (inclinée de 5 à 10°) *une traction haute (high pull) inclinée de 35° au-dessus du plan d'occlusion.



*Un élément moteur par côté qui délivre la force. C'est, ici encore, un élastique extra-oral ou un ressort comprimé. L'intensité dépend de la phase thérapeutique et des dents d'appui. Elle est le plus souvent de l'ordre de 220 à 250 g par côté.



Figure 134: forces directionnelles J-Hooks à traction haute appliquées sur l'arc mandibulaire acier entre les incisives latérales et les canines. [67]

5.1.4.3 Indications et actions

Ces forces extra-orales peuvent être utilisées lors des principales phases du traitement orthodontique, sur des arcs suffisamment rigides.

1. Pendant le nivellement mandibulaire, elles soutiennent la partie antérieure de l'arcade et s'opposent à la vestibulo- version des incisives pendant le redressement molaire .

2. Lors de la préparation d'ancrage mandibulaire, des forces directionnelles hautes sur le secteur antérieur mandibulaire produisent la force nécessaire à la préparation d'ancrage tout en s'opposant à l'égression molaire et à l'ingrèssion relative des incisives.

3. Pendant le recul canin maxillaire et mandibulaire, elles évitent la sollicitation de l'ancrage postérieur. À la mandibule, elles peuvent être à traction horizontale ou haute. En technique de Tweed-Merrifield, on choisit une traction haute pour favoriser le mouvement anti-horaire de l'arcade.

4. Pendant la rétraction incisive, des forces directionnelles hautes :
participent au mouvement de recul par leur composante antéropostérieure ;
contrôlent la position verticale des incisives et évitent leur égression par leur composante verticale ;

I potentialisent le torque radiculo-palatin.

5. Lors de la correction des rapports interarcades de classe II, elles renforcent l'action des tractions intermaxillaires et s'opposent à leur action égressante sur le secteur antérieur maxillaire évitant ainsi la rotation horaire du plan d'occlusion.

6. Dans les cas asymétriques, un crochet peut être fixé sur une arcade et l'autre sur l'autre arcade permettant d'avoir une action asymétrique et de corriger la déviation des médianes incisives.

7. Ancre supplémentaire: L'appareil J Hooks peut servir d'ancre supplémentaire pour renforcer le traitement orthodontique. Il peut être utilisé pour appliquer une force supplémentaire dans une direction spécifique.

8. Alignement des dents: Les J Hooks peuvent être utilisés pour aider à aligner les dents en appliquant des forces spécifiques sur les fils orthodontiques.

9. Contrôle de l'espace: Ils peuvent également être utilisés pour maintenir l'espace nécessaire pour l'alignement et le positionnement des dents.

5.1.4.4 Contre-indications

1. Comme tout dispositif extra-oral elles dépendent de la coopération du patient.
2. Chez les patients ayant des prédispositions aux troubles articulaires une surveillance particulière doit accompagner leur port à l'arcade mandibulaire.

3. Insuffisance de l'espace: Si l'espace disponible dans la bouche du patient est insuffisant pour l'installation de l'appareil J Hooks, il peut ne pas être recommandé ou faisable de l'utiliser.

4. Structure dentaire inadéquate: Certaines conditions dentaires préexistantes, telles que des dents sévèrement cariées, fracturées ou manquantes, peuvent rendre l'utilisation de l'appareil J Hooks inappropriée.

5. Problèmes parodontaux: Des problèmes de gencives ou de parodontie avancés peuvent être une contre-indication à l'utilisation de l'appareil J Hooks.

5.1.5 La Fronde mentonnière

Bien que beaucoup moins développées et employées, des forces extra orales peuvent être appliquées à la mandibule on parle de : la fronde mentonnière.

5.1.5.1 Description Il s'agit d'une force extra-orale appliquée au niveau du menton en exerçant une action antéro postérieure ou verticale. [68] Elle est constituée d'une mentonnière préfabriquée ou confectionnée en résine, avec des pinces pour bien emboîter le menton reliée à un casque par l'intermédiaire de bandes élastiques.

5.1.5.2 Indications L'indication majeure est la dysmorphose de classe III squelettique par prognathie mandibulaire légère à modérée avec un maxillaire relativement normal et en denture temporaire. Tous les auteurs s'accordent aujourd'hui à dire que son utilisation doit être limitée à la prognathie mandibulaire vraie dans un contexte vertical favorable (mésio ou hypodivergent). Pour Le GALL, elles constituent la seule solution thérapeutique chez le très jeune enfant. Ils utilisent alors une fronde souple délivrant des forces légères (200 à 300 gr par côté). [8]



Figure 135: la fronde mentonnière. [43]

5.1.5.3 Les types

On distingue trois types :

- Fronde horizontale
- Fronde oblique
- Fronde verticale

5.1.5.3.1 La fronde horizontale Provoque une rotation postérieure de la mandibule, le menton s'abaisse et recule, l'angle facial diminue et on note un changement de la croissance condylienne, celle-ci devient postérieure **Indication** : CL III deep bite. **Contre- indication**: Open bite.

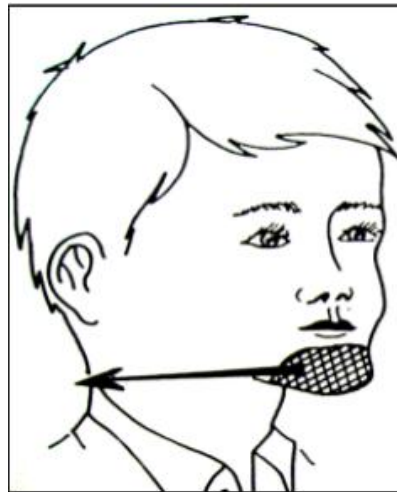


Figure 136: fronde horizontale.[43]

5.1.5.3.2 La fronde oblique Egalement appelée fronde occipitale. **Effets** : - Freinage de la croissance mandibulaire. - Combattre l'ouverture d'articulé lors de l'utilisation des élastiques intermaxillaires. **Indication** : proglissement.



Figure 137: fronde oblique. [43]

5.1.5.3.3 La fronde verticale Provoque une rotation antérieure de la mandibule, le menton s'avance et remonte, l'angle facial augmente, la croissance condylienne devient plus

antérieure. Indiquée chez les patients avec une hauteur élevée de l'étage inférieure car elle permet la fermeture de l'angle goniale. [43]



Figure 138: fronde verticale. [43]

5.1.5.4 Effets de l'appareil De nombreux auteurs ont travaillé sur les effets squelettiques et alvéolaires de la fronde occipito-mentonnaire (Deguchi, Allen, Ritucci, MacNamara...), et il ressort des études que les effets de la fronde mentonnaire sont le freinage de la croissance mandibulaire, la fermeture de l'angle goniale et la « verticalisation » de la direction de croissance au niveau squelettique ainsi qu'une version linguale des incisives inférieures. On note aussi une amélioration de l'esthétique faciale s'accompagnant d'un recul de la lèvre inférieure et harmonisation du profil cutané. [68]

Concernant les ATM, une revue de la littérature de Zurfluh en 2014 a été menée sur l'effet des traitements par fronde mentonnaire sur les ATM. Cette étude conclue sur deux éléments : • Les traitements par fronde mentonnaire entraînent des adaptations cranio-faciales au niveau des ATM. • Ce traitement n'est pas un facteur de risque des désordres temporo-mandibulaires.

La revue précise cependant que les études sur le sujet sont de faible niveau de preuve et que des études cliniques de niveau de preuve plus élevé sont nécessaires pour approfondir les connaissances sur l'influence des frondes sur les ATM.

5.1.5.5 Port du dispositif

L'appareil est porté entre 12h à 18h par 24h pendant une durée de six mois à un an et dépend de la coopération, de l'importance du décalage squelettique, de l'âge du patient, de sa typologie faciale, de l'intensité des forces. Les forces appliquées n'excèdent pas 200 à 300g, en rapport avec le jeune âge de l'enfant. Selon Salagnac « la force utile est celle qui s'oppose à l'avancée de la mandibule, et non une force de traction vers l'arrière de la mandibule ».

L'intensité des forces peut être augmentée de manière progressive pour respecter le seuil de tolérance de l'enfant. Le traitement ne doit pas être douloureux pour obtenir un maximum de coopération de la part de l'enfant et de ses parents.

- Pour BASSIGNY: l'âge d'utilisation de 3 à 6 ans; le port 12 h à 15 h /J Force: 300g à 500 gr.

-Pour CHÂTEAU: Durant la période préscolaire, elle peut être portée 18 heures par jour parce que la croissance est très active, est particulièrement favorable. Force : 200g à 300 gr.

Elle peut être maintenue comme appareil de contention durant la nuit à la fin du traitement. [8]

5.2 Forces extra-oraux à action postéro-antérieure

5.2.1 Le masque de Delaire

5.2.1.1 Introduction et historique

L'idée d'employer des appuis faciaux pour avancer l'étage moyen de la face, le maxillaire et les arcades dentaires n'est pas récente ; dès 1874, POTPERSCHING avait déjà proposé un système de potence relié à un casque pour avancer les dents maxillaires. Les Heaumes sont des dispositifs très anciens(1875), ils sont ajustés sur la calotte crânienne et portent une antenne de protraction qui porte des crochets de traction élastique maxillaire. Ils nécessitent une stabilité bien difficile à atteindre sans équilibrer la force de traction par une force opposée limitant la rotation de Heaume sur la calotte crânienne. [69]

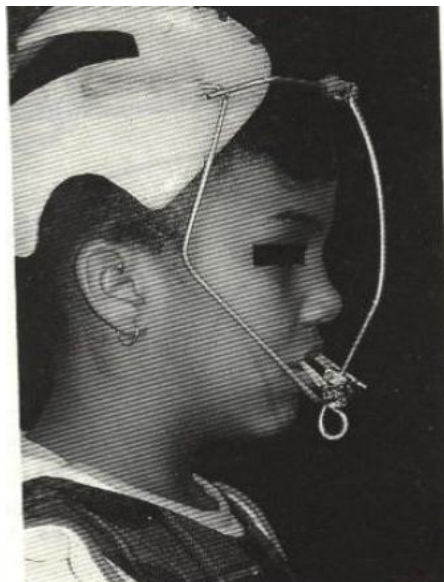


Figure 139: le Heaume. [69]

C'est en 1969, que Delaire eut l'idée d'utiliser un masque chez les enfants en cours de croissance révolutionnant ainsi le traitement de classe III. Initialement conçu pour le traitement pré chirurgical des séquelles des fentes labio-maxillo-palatines, le masque facial a vu ensuite

ses indications élargies et de nombreuses modifications ont été proposées pour le rendre plus confortable et plus facile d'utilisation.

- Le masque de Delaire est probablement l'appareil le plus reconnu dans le traitement orthopédique des dysmorphoses de classe III d'origine maxillaire.

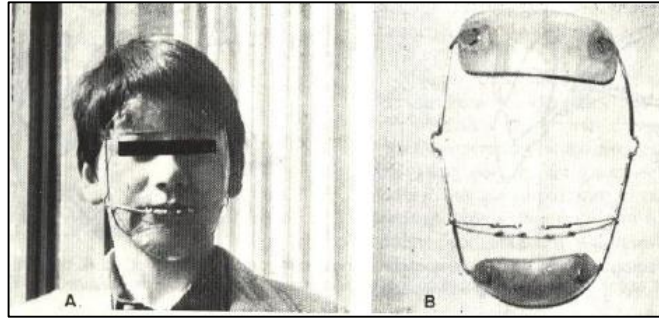


Figure 140: Masque de Delaire(1969). [69]

5.2.1.2 Définition

Il s'agit d'une force extra orale relativement lourde à action postéro-antérieur par l'intermédiaire d'une protraction maxillaire.

La force totale utilisée par les élastiques qui tirent cet ancrage vers l'avant grâce au masque facial de Delaire peut atteindre 600 à 800 g. ces dispositifs sollicitent les sutures inter-ptérygo-maxillaires ou même provoquent parfois avec des forces plus lourdes une véritable disjonction entre ptérygoïdes et tubérosités maxillaires visibles sur téléradiographie de profil, et l'allongement maxillaire qui en résulte peut atteindre 3 voire 5mm ce qui plus que le nécessaire. [70]

5.2.1.3 Description

L'appareil est constitué de :

- **Un masque à appui fronto-mentonnier :**

Préfabriqué, Il existe deux types de masque, soit à cadre ou à tige médiane appelé également : le masque de PETIT.

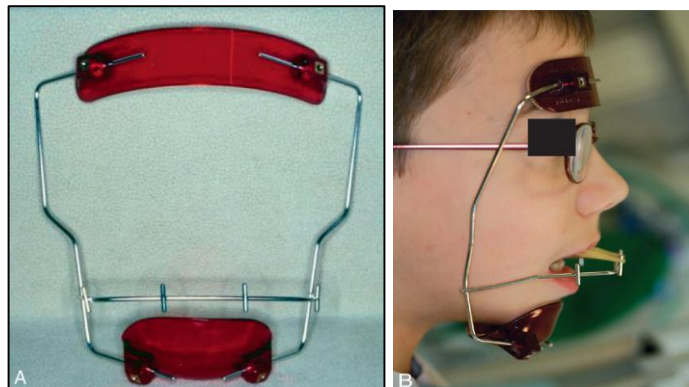


Figure 141: Masque à cadre. [7]

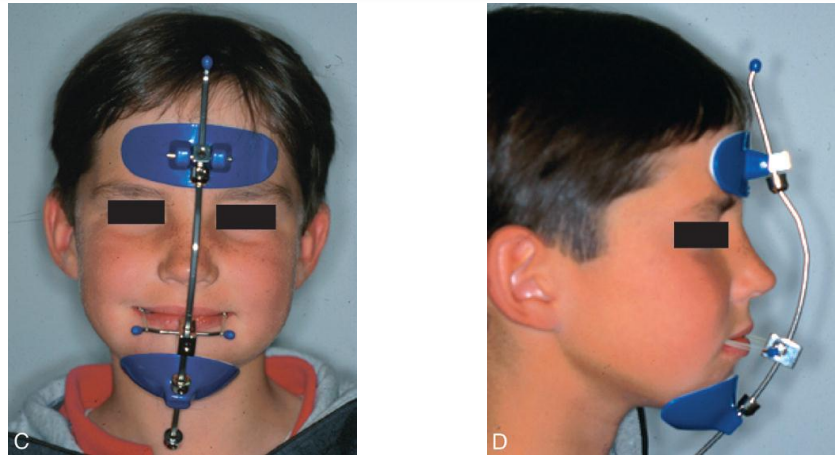


Figure 142: Masque à tige médiane ou masque de PETIT. [7]

Ils se composent d'un appui frontal et d'une mentonnière, cette dernière ne doit pas avoir d'appui au niveau du sillon labio-mentonnier. [7]

Le masque de PETIT est surtout indiqué chez les enfants qui ont un sommeil agité afin d'éviter toute déviation de la traction maxillaire. Nous réservons l'utilisation du masque de petit aux patients qui n'acceptent pas le masque de Delaire et aux cas particuliers pour lesquels un port quasi permanent est parfois demandé au patient. Il a un encombrement moindre grâce à son tige médiane qui remplace le cadre constituant l'armature, il peut cependant perturber le champ visuel du patient. Il pourra aussi être prescrit dans les cas nécessitant un port de masque permanent, en dehors des repas y compris l'école ce qui est assez rare. [68,70]

Un élément intra buccal :

Divers procédés pouvant être utilisés :

- ✓ Une gouttière maxillaire scellée sur les secteurs latéraux associée à un disjoncteur (disjonction sur bague ou sur gouttière), avec des crochets de traction inclus dans la résine.
- ✓ Un double arc scellé sur les deuxièmes molaires temporaires ou sur les premières molaires permanentes maxillaires.
- ✓ Une gouttière englobant la totalité du maxillaire et comportant des crochets de rétention et crochets de traction inclus dans la résine. [7]

- **Les tractions élastiques :**

Elles constituent la force motrice de l'appareil. Les élastiques sont tendus des crochets du masque aux crochets de l'élément intra buccal.

Il s'agit des forces orthopédiques intermittentes, la direction de traction doit être oblique en bas et en avant. L'intensité des forces doit être comprise entre 800 et 1500 g selon les cas, chez l'enfant de 5ans la force est plus faible environ 150 à 200 g de chaque coté.

Le port doit être de 12 à 14 jours essentiellement nocturne. [7, 30]

5.2.1.4 Le moment idéal d'intervention par masque de Delaire

Il peut être utilisé dès 4 ans selon la maturité de l'enfant.

Il est communément admis que le traitement de classe III doit être de préférence orthopédique et précoce. Il repose sur les performances de masque facial capable d'influencer le développement maxillo-facial du jeune patient et plus spécialement d'agir sur la « malléabilité » des sutures pour avancer le maxillaire tout en freinant la mandibule.

Mais contrairement à une idée répandue, il ne suffit pas de tirer le maxillaire vers l'avant pour corriger durablement le décalage des bases osseuses.

En effet, si en denture temporaire la traction postéro-antérieure du maxillaire est souvent couronnée du succès, elle devient plus incertaine en denture mixte et encore plus en denture définitive, c'est-à-dire que le résultat obtenu et sa stabilité deviennent aléatoires.

La raison fréquemment invoquée pour de nombreux auteurs est la diminution du potentiel de croissance du maxillaire liée à l'âge et /ou le début de synostose des sutures, et/ou une croissance tardive de la mandibule. [70]

Pour certains praticiens, cette phase orthopédique est réalisée quelle que soit la sévérité de dysmorphose. Dans les cas défavorables, elle est considérée comme un « test thérapeutique » et est interrompue en cas d'échec au bout de 6 mois

Cependant pour d'autres praticiens, l'abstention de toute thérapeutique orthopédique est préférable lorsque :

- Le caractère héréditaire est affirmé
- La dysmorphose est sévère
- Des compensations alvéolaires marquées sont déjà établies. . [62]

5.2.1.5 Indications

Le masque facial de Delaire est indiqué en période de croissance relativement dans presque tous les cas des dysmorphoses de cl III d'origine prémaxillaire ou maxillaire. En denture lactéale, mixte ou permanente jeune en cours de croissance, par stimulation de la croissance maxillaire et /ou freinage et réorientation de la croissance mandibulaire. [30,62]

Il est indiqué chez les sujets présentant une croissance mandibulaire normale ou horizontale, sa composante d'ouverture du sens vertical limite en effet son utilisation chez les sujets hyperdivergents. [62]

Il peut être utilisé dans les cas des fentes labio-alvéolo-palatine. [30]

5.2.1.6 contre indications

Du fait de la rotation mandibulaire postérieure induite, le masque de Delaire est contre-indiqué dans les cas d'hyperdivergence basale.

De l'avis de Vesse, il n'y a aucune contre-indication à la technique du masque de Delaire. Pour lui, il s'agit d'une thérapeutique qui, si elle est maniée selon la technique bien codifiée, s'avère toujours efficace; et on peut toujours reprendre le traitement, en associer un autre, sans problème particulier. Aussi, la seule contre-indication serait le pessimisme du praticien. [71]

5.2.1.7 Classification

5.2.1.7.1 La protraction maxillaire par masque facial sur gouttière associée à une disjonction maxillaire

Les appareils de disjonction ont été décrits pour la première fois en 1860 par Angell. Même si aucun des deux appareils, disjoncteur et masque facial n'est nouveau, l'idée de leur association est relativement récente : HAAS en 1970 décrivait l'expansion orthopédique maxillaire préalablement à son avancement.

La disjonction est très souvent réalisée préalablement au traitement par protraction maxillaire, notamment parce que la plus part des dysmorphoses de cl III sont dues à une insuffisance du développement du maxillaire.

Une autre raison justifiant la réalisation de la disjonction avant la protraction maxillaire par masque facial est basée sur l'idée de nombreux auteurs (Mc NAMARA, TURLEY, BACCETTI) selon laquelle la disjonction maxillaire perturberait les systèmes des sutures entourant le maxillaire, déclenchant une réponse cellulaire qui prolongerait l'effet du masque.

Pour d'autres auteurs tels que HAAS, la disjonction provoquerait un léger déplacement du maxillaire vers l'avant et vers le bas permettant une correction plus rapide de décalage squelettique. Il a été suggéré que l'expansion palatine désarticulerait le maxillaire initiant une réponse cellulaire provoquant une meilleure réaction aux forces de protraction. [70]

Plusieurs études confirment cette notion comme par exemple celle de BALK en 1995 qui compare 47 patients traités par disjonction et masque de protraction avec un groupe de 13 patients traités par masque de protraction seul. Il trouve une meilleure avancée significative du point A dans le groupe avec expansion. [68]

5.2.1.7.1.1 La disjonction sur bagues

La disjonction maxillaire est obtenue par l'intermédiaire d'un disjoncteur (appareil intra buccal fixé par deux ou quatre bagues qui sont solidarisées par un vérin central), associée au masque facial et les élastiques de traction.



Figure 143: Disjoncteur avec crochets palatins pour traction par masque de Delaire. [62]

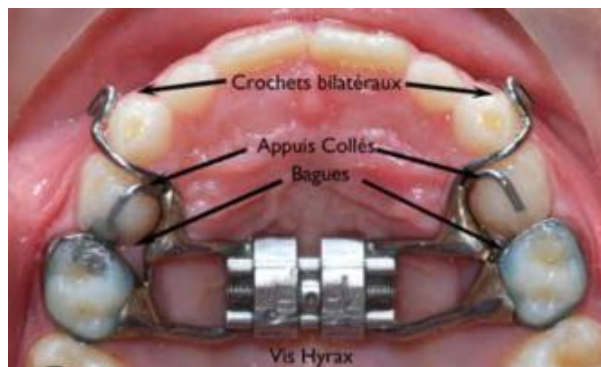


Figure 144: Disjoncteur avec crochets vestibulaires pour traction par masque de Delaire. [68]

Ce dispositif est activé plusieurs fois par jour dans le but de provoquer une ouverture de la suture intermaxillaire et donc d'augmenter le volume transversal du maxillaire. [68]

Le disjoncteur peut également être fixé en bouche par l'intermédiaire de gouttière en résine scellée sur les dents des secteurs latéraux.

5.2.1.7.1.2 La disjonction sur gouttière

5.2.1.7.1.2.1 Description

Ce type d'appareillage est constitué de :

- D'un élément intra buccal de préhension du maxillaire fixé sur l'arcade supérieure : la gouttière de disjonction
- D'un élément extra buccal servant d'appui à la traction sur le maxillaire : dans la plus part des cas le masque facial de Delaire
- D'un élément intermédiaire dynamique : les élastiques orthopédiques.

La gouttière de disjonction : gouttière de Jean Louis Raymond

Elle est confectionnée en résine transparente de façon classique ou thermoformée, elle est rigide et collée sur les dents des secteurs latéraux. Son ossature est constituée par un disjoncteur palatin. Elle est munie de deux crochets antérieurs.

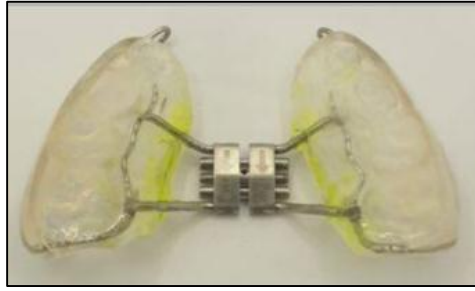


Figure 145: La gouttière de disjonction. [72]

La gouttière de disjonction présente un grand nombre d'avantages :

- ✓ système rigide et parfaitement fixe (gouttière en résine scellée)
- ✓ possibilité d'expansion maxillaire (impossible avec un double arc)
- ✓ désocclusion antérieure (dans les cas avec inversion antérieure de l'occlusion)
- ✓ désengrammation totale et immédiate de l'occlusion initiale pathologique
- ✓ interposition latérale de résine constituant une réserve d'espace de manœuvre utilisable pour la réorientation du plan occlusal
- ✓ blocage momentané de l'éruption des molaires supérieures (contrôle de la longueur du plan d'occlusion)
- ✓ égalisation rapide des A.F.M.P (correction de l'asymétrie des mouvements de latéralité mandibulaire)

Pour toutes ces raisons et plus particulièrement pour la possibilité d'agir sur le plan d'occlusion, nous utilisons pratiquement toujours la gouttière de disjonction et réservons l'usage de double arc à quelques rares cas.

• Les selles occlusales en résine

La résine recouvre les faces occlusales, vestibulaires et palatines des molaires et prémolaires supérieures jusqu'aux canines.

Elle ne doit jamais recouvrir les incisives car celles-ci sont indispensables à l'appréciation du guide antérieur. Par contre, elle doit recouvrir toute les dents postérieures y compris la zone d'éruption de la molaire en évolution.

Elles sont réalisées en résine dure, pour permettre la rigidité de système et transparente pour faciliter ultérieurement le scellement au ciment photo-polymérisable.

L'épaisseur de la selle est toujours plus grande en avant qu'en arrière de sorte que le profil de la gouttière est incliné en bas et en avant. Ce profil sera au minimum parallèle au plan de Camper mais il est préférable qu'il soit divergeant vers l'avant.

L'épaisseur de la résine sur les faces occlusales est en fonction de l'importance de la dysmorphose et du type facial, lesquels influencent le guide antérieur.

Au cours de traitement, on réduira l'épaisseur de la gouttière en meulant sa face occlusale de façon à provoquer l'égression des dents postéro-inférieures ce qui modifiera l'orientation du plan occlusal et permettra de rétablir un guide antérieur fonctionnel.



Figure 146: vue endobuccal de la gouttière de disjonction. [73]

- **Les crochets R**

Ils sont situés en regard du collet des faces vestibulaires des incisives latérales supérieures. On évitera de les placer trop haut pour ne pas blesser la lèvre supérieure. Il ne faut pas non plus les placer trop latéralement (vers les prémolaires par exemple) car les élastiques de traction pourraient irriter les commissures des lèvres. Quoi qu'il en soit, leur positionnement tout en étant précis est moins déterminant que celui des crochets équipant le double arc dit de Theuveny.

Ils sont confectionnés en fil-jonc en acier dur de diamètre 0,9 ou 1mm. Ils doivent être rigides, c'est pourquoi la queue de rétention doit plonger immédiatement dans la résine vestibulaire de la selle parallèle aux collets des dents mais légèrement en dessous d'eux.



Figure 147: crochet de traction. [74]

- **Le disjoncteur**

Il confère à la gouttière sa capacité d'expansion et lui apporte en même temps la rigidité indispensable à sa solidité et à son efficacité.

On choisira le disjoncteur en fonction de la quantité d'expansion nécessaire et de la profondeur du palais.

Les bras de disjoncteur sont enfouis dans la résine au niveau des contours palatins de la gouttière, approximativement en regard des collets. Il ne faut surtout pas que les bras de disjoncteur débordent sur les faces occlusales ni même qu'ils soient à la hauteur car ils pourraient empêcher par la suite les meulages des résines.

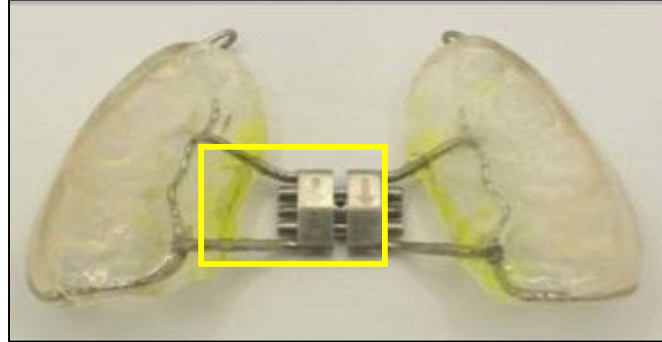


Figure 148: Le disjoncteur. [72]

➤ **Le masque facial de traction postéro-antérieur**

Le masque de Delaire est l'élément extra buccal que nous utilisons, il se compose d'un appui frontal et d'un appui mentonnier en plastique non allergisant, deux tiges métalliques rigides placées latéralement à la face réalisant un cadre qui unit l'appui frontal et l'appui mentonnier. Au niveau de la ligne commissurale, un arceau appelé : arceau pré labial ; comportant des ergots ou des vis permet l'accrochage des élastiques.

➤ **Les élastiques**

Les élastiques orthopédiques sont choisis en fonction de la force que l'on souhaite délivrer. Cette force dépend de l'importance du décalage des arcades et du degré de coopération qu'on peut espérer au début de traitement. Ainsi pour offrir une période d'adaptation au patient on pourra commencer la traction postéro-antérieure avec des forces relativement modestes (200g environ) pour passer à la valeur souhaitée après une quinzaine de jours. Mais en règle générale on essaiera de débiter d'emblée avec la force souhaitée ; soit 350g à 500g.

Ils seront remplacés tous les jours ou tous les deux jours.

De fait de la position des crochets de la gouttière, la traction élastique sera orientée vers le bas d'environ 25 à 30 degrés par rapport à l'horizontal afin de ne pas gêner voire blesser la lèvre supérieure.

Contrairement aux cas traités avec un double arc pour lesquels l'orientation de la traction élastique conditionne l'efficacité de l'appareil ; l'inclinaison de la traction est ici moins déterminante.

En effet, l'orientation sagittale de la face occlusale de la gouttière minore celle des élastiques. Cependant, ces derniers participent grâce à leur direction au mouvement de rotation globale du maxillaire. [70]



Figure 149: Les élastiques de traction. [75]

5.2.1.7.1.2.2 Mode d'action

L'application des forces postéro-antérieures au niveau du maxillaire entraîne :

- ✓ Une traction et une bascule antérieure du maxillaire ainsi sa rotation anti-horaire ; il y a donc un changement d'orientation du maxillaire par rapport à la base du crane.
- ✓ Au niveau de la mandibule, un léger abaissement et un recul avec parfois une petite augmentation de la hauteur faciale antérieure.



Figure 150: les effets du masque. [43]

- ✓ Une modification de l'orientation du plan d'occlusion, en fonction de la direction de traction ; selon Raymond il faut obtenir une bascule horaire du plan d'occlusion ; ceci est possible grâce à l'égression des molaires inférieures et l'ingression des molaires supérieures. Cette rotation horaire du plan d'occlusion doit accompagner obligatoirement la correction anatomique du cl III, et concerne logiquement les trois dimensions de l'espace :

Sens sagittal et vertical :

La sollicitation des sutures par les tractions postéro-antérieures du masque facial, notamment les sutures ptérygomaxillaires et fronto-naso-maxillaires permet le déplacement sagittal et vertical du maxillaire et notamment du plan d'occlusion.

Les tractions postéro-antérieures sont réalisées au moyen des tractions élastiques équivalentes à une force de 14 à 16 onces, ce qui représente 300 à 500 g et que l'on met en action : soit d'emblée dès la pose de la gouttière et simultanément à la disjonction lorsque celle-ci est nécessaire, soit après la disjonction autrement dit une quinzaine de jours après la pose de la gouttière.

Le but recherché est d'avancer le maxillaire le plus rapidement possible afin d'obtenir des rapports incisifs nous permettant de régler le guide antérieur donc de contrôler la rotation horaire du plan occlusal.

En fait, dans le plan sagittal et vertical, obtenir un guide antérieur fonctionnel est d'autant plus difficile que le plan d'occlusion est : « long postérieurement », plus y'aura des dents postérieures sur l'arcade (première, deuxième voire troisième molaires) plus l'amplitude du déplacement vertical du plan d'occlusion nécessaire à sa rotation sera grand donc difficile voire impossible à réaliser.

La désocclusion qu'engendre l'épaisseur de la gouttière interposée entre les arcades est la réserve d'espace dans laquelle se fera le déplacement vertical du plan occlusal à l'aide des meulages appropriés de la résine, ces meulages créent une inocclusion postérieure qui permet l'égression des molaires inférieures ; nous distinguons selon le but souhaité trois types de meulages :

- Les meulages type 1 sont destinés à permettre l'égression des molaires inférieures (action sur la rotation du plan occlusal)
- Les meulages de type 2 ont pour but de rendre dans le plan frontal la morphologie de plan occlusal symétrique par rapport à la ligne médiane. Ce type de meulages encourage aussi à la mastication alternée en égalisant les AFMP.
- Les meulages de type 3 permettent de diminuer la dimension verticale (action sur la création de guide antérieur en rapprochant les incisives supérieures et inférieures).

Dans le même temps l'avancée de l'arcade supérieure grâce à la traction postéro-antérieure sur masque contribue à créer d'avantage d'espace utilisable par les molaires inférieures pour leur égression.

N.B : cet espace d'égression ne doit pas s'apprécier uniquement en occlusion statique car si une molaire inférieure a le moindre contact avec la gouttière lors des mouvements de latéralité mandibulaires ; elle ne s'égressera pas.

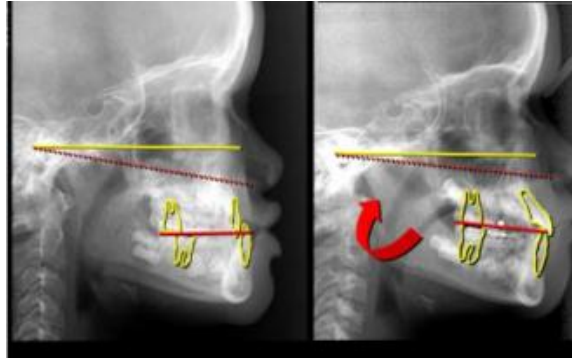


Figure 151: la réorientation horaire du plan d'occlusion. [76]

Sens transversal : la disjonction intermaxillaire

Les classe III en général et les brachymaxillies en particulier sont des dysmorphoses tridimensionnelles présentant une insuffisance de développement maxillaire. La disjonction permet de rattraper rapidement ce sous-développement et de rétablir des rapports d'arcades transversaux compatibles avec les mouvements de latéralité symétriques dès le début de traitement orthopédique.

Il ne faut pas hésiter à corriger et même sur corriger le sous-développement transversal même lorsqu'il est faible, car son retentissement sur la stabilité de l'occlusion et sur la cinématique mandibulaire est considérable(Raymond). Par contre une correction transversale insuffisante compromet l'obtention d'une occlusion fonctionnelle et conduit le plus souvent à la récurrence.

Il est préférable de pratiquer une disjonction rapide pour plusieurs raisons :

- La disjonction potentialise les effets de traction postéro-antérieure du maxillaire.
- L'augmentation rapide de la dimension transversale du maxillaire facilite le réglage des AFMP dès le début du traitement.

La fréquence est de deux activations par jour soit une activation matin et soir. La durée et le nombre des activations dépendent de la quantité d'expansion nécessaire à chaque cas.

- ✓ au niveau de l'arcade alvéolodentaire maxillaire, un glissement mésial (effet tiroir) sur la base maxillaire avec vestibuverson des incisives ;
- ✓ au niveau de l'arcade alvéolodentaire inférieure, un glissement distal par rapport à la base osseuse mandibulaire. [7,70]

5.2.1.7.2 La protraction maxillaire par masque facial associé au double arc

5.2.1.7.2.1 Description

➤ Double arc intra buccal

Arcs palatin et vestibulaire de 1mm de diamètre; fil palatin contre les collets des dents et fil vestibulaire à distance des dents et de la gencive (environ 2mm) soudés sur bagues (16 et 26(ou sur 55 et 65)) et comportant deux crochets pour traction élastique antérieure (entre la latérale et la canine).

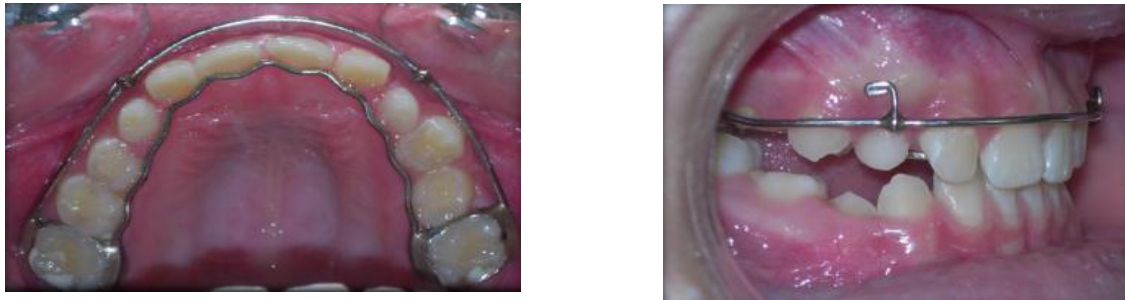


Figure 152: vue endobuccal du double arc. [30]

➤ Appui fronto-mentonnier et les élastiques de traction

Cités précédemment.

5.2.1.7.2.2 Durée de traitement

La correction de l'anomalie maxillaire est obtenue entre 3 mois et un an, l'arrêt du traitement se fait après un examen clinique et radiologique.

Une bonne précaution est de suivre les tractions pendant au moins 3 mois, un excès de correction n'étant jamais à craindre.

5.2.1.7.2.3 La biomécanique

➤ Position des crochets

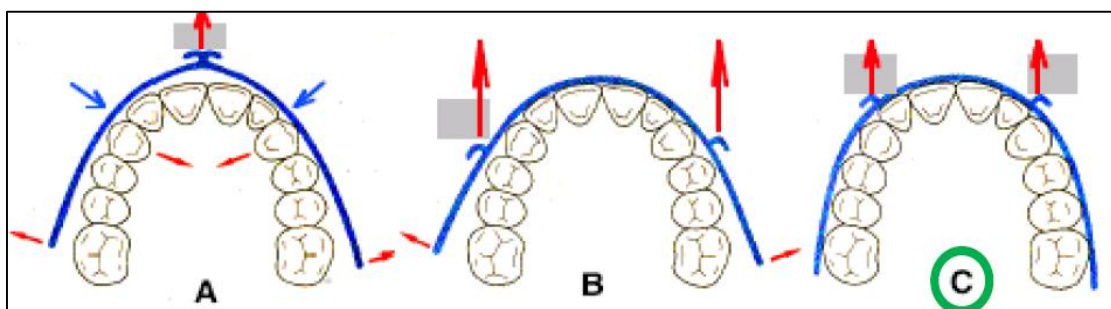


Figure 153: Les différentes positions des crochets et leurs effets. [30]

A : les tractions sur un seul crochet médian provoquent une expansion postérieure avec compression de la partie antérieure de l'arcade.

B : les tractions sur deux crochets situés en arrière des canines provoquent une expansion postérieure.

C : les tractions sur deux crochets situés juste en avant des canines(en regard de bord distal de l'incisive latérale) provoquent le minimum de déformations de l'arc d'ancrage.

➤ **Orientations des tractions :**

+ /- obliques, théoriquement :

- Les tractions horizontales favorisent la rotation maxillaire.
- Les tractions très obliques freinent mieux la croissance mandibulaire.
- Les tractions intermédiaires agissent mieux sur ces deux facteurs.

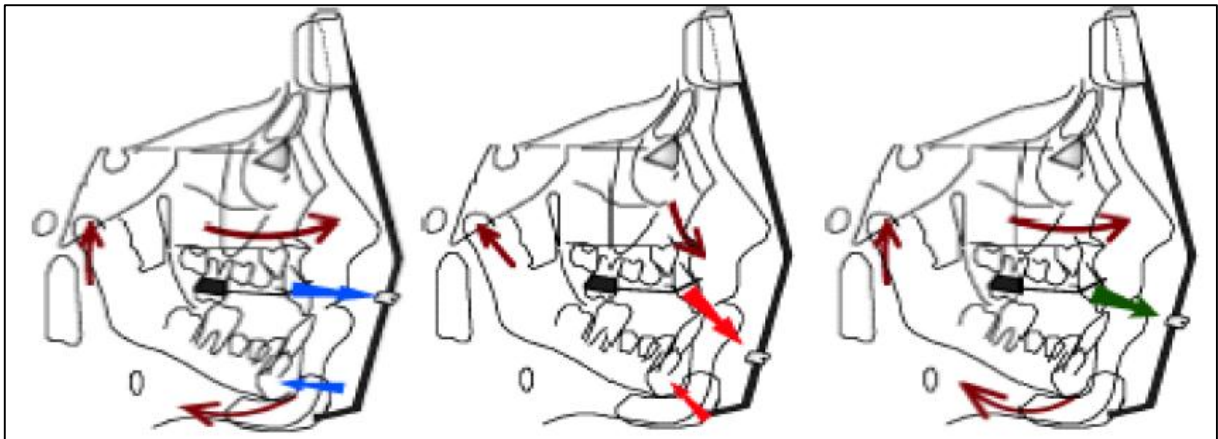


Figure 154: l'orientation des tractions. [30]

En pratique, choisir systématiquement la direction « moyenne » (passant par la fente labiale sans déformer les lèvres). [30]

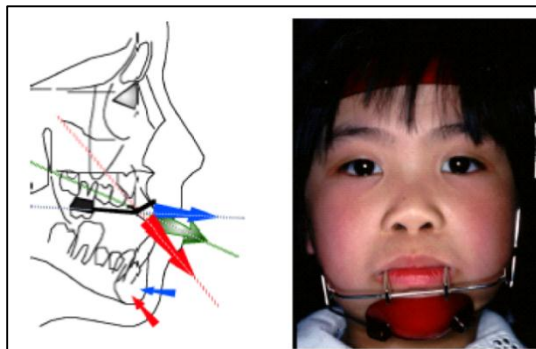


Figure 155: la traction moyenne. [30]

-si le réglage est défectueux (direction de traction trop haute) -> bascule du maxillaire vers le bas qui entraîne une rotation postérieure de la mandibule et une infraclusion antérieure. [33]

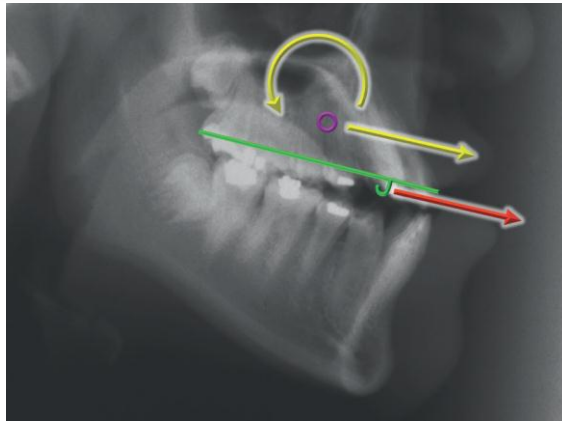


Figure 156: réglage défectueux de la traction (traction + /- haute) [33]

5.2.1.7.2.4 Effets

Effets orthopédiques :

- l'avancée du maxillaire et sa bascule anti-horaire.
- effet de « tiroir », au maxillaire, l'ensemble de l'arcade dentaire se déplace vers l'avant, la base alvéolaire glisse antérieurement sur sa base osseuse.

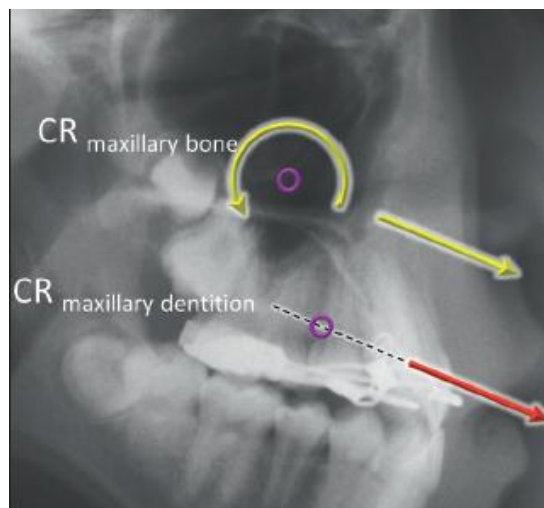


Figure 157: système des forces délivrées par le masque. [33]

Selon la figure ci-dessus, il s'agit d'une force unique (flèche rouge) dont sa ligne d'action passe par le Cr de l'arcade maxillaire situé entre les prémolaires maxillaires (cercle violet) ayant comme résultat le glissement de la base alvéolaire (mouvement de translation).

Bien que la ligne d'action de cette force passe au-dessous du Cr du maxillaire (cercle violet) ; un moment se produit à son niveau, le maxillaire va non seulement subir une translation vers l'avant mais aussi une bascule dans le sens anti-horaire. [33]

-disjonction de la suture maxillo-palatine transverse: elle se produit avec des forces lourdes (1.5 à 2 kg).

Effets orthodontiques : vestibulo-version des incisives supérieures. [8]

En résumé, le masque de Delaire entraîne :

Des effets orthopédiques

- Sollicitation de la croissance antérieure du maxillaire.
- Effet tiroir au maxillaire.
- Disjonction de la suture maxillo-palatine transverse.
- Freinage de la croissance mandibulaire et sa rotation postérieure.

Des effets orthodontiques

- Vestibuloverision des incisives supérieures.
- Avancée en masse de l'arcade supérieure.

Des effets fonctionnels

- L'expansion postéro-antérieure favorise la perméabilité nasale améliorant ainsi la fonction de ventilation.
- L'avancement du maxillaire augmente la capacité de la voute palatine, la langue s'élève en position physiologique.

les effets esthétiques

Amélioration des rapports inter-labiaux, un comblement progressif des sillons naso-géniens et des régions malaires sous-orbitaires.

5.2.1.8 Stabilité et récidence

Les dysmorphoses de classe III sont réputées délicates à traiter du fait d'un taux de récidence relativement élevé difficile à pronostiquer.

Cette récidence relève essentiellement de la croissance mandibulaire qui continue environ 2 ans après celle du maxillaire. Cette croissance résiduelle tardive et non prédictible s'achève plus tardivement chez le garçon (vers 16à 18ans) que chez la fille (vers 14à16 ans).

5.2.1.8.1 La stabilité à long terme

Les effets à court terme du masque ont été largement étudiés. Néanmoins, les corrections à court terme ne sont pas synonymes de stabilité sur le long terme. Les études sur la stabilité à long terme sont peu nombreuses.

La plus récente à ce jour est celle de Palma et al réalisée en 2015. Ils évaluent la stabilité après 10 ans des résultats obtenus après un traitement par disjonction maxillaire associée à une protraction maxillaire par masque de Delaire puis suivi par un traitement multibague. L'étude est réalisée sur 22 filles présentant une dysmorphose de classe III et dont l'âge moyen est de 9,1 ans au début de l'étude. Les analyses céphalométriques sont réalisées avant le traitement par multibague (T1 , âge moyen : 15,1 ans) et 10 ans après la fin de traitement actif(T2, âge moyen : 27,7 ans).

Les résultats montrent que les corrections sont restées stables chez 18 patientes sur 22 soit un taux de stabilité de 81,8%.

La position antéro-postérieure du maxillaire est restée stable dans le temps. Les résultats sont également comparés à un groupe témoin (n=22 en classe I squelettique). Ils dévoilent que la dimension sagittale finale de la mandibule dans le groupe de classe III est supérieure à celle de groupe témoin ; toutefois, elle ne s'est pas exprimée entièrement. Les auteurs attribuent ce fait à la fermeture de l'angle goniale et aux changements induits au niveau de la fosse glénoïde grâce à l'appui mentonnier du masque.

Pour conclure, le masque conventionnel est un traitement précoce adapté et efficace pour traiter les dysmorphoses de classe III avec des résultats satisfaisants sur le court et le long terme.

5.2.1.8.2 Les facteurs de stabilité à long terme

- Les compensations dento-alvéolaires ayant tendance à être les plus sujettes à la récurrence, il semble avantageux de minimiser les effets dento-alvéolaires et donc maximiser la réponse orthopédique. Pour cela le masque facial conventionnel devra être employé le plus tôt possible (en denture temporaire voire début de denture mixte).

- Pour RAYMOND, le rétablissement d'une mastication physiologique est « l'outil de contention naturel et efficace de la correction des dysmorphoses de classe III », grâce à la mastication physiologique « le maxillaire est poussé vers l'avant par la mandibule à nouveau asservie ». C'est pourquoi il doit y avoir impérativement une réorientation de du plan d'occlusion lors de la thérapeutique orthopédique de classe III.

- Pour les patients ayant une mandibule excessive, les auteurs suggèrent que la thérapeutique orthopédique soit commencée au début de la puberté de façon à ce que le traitement par multibague suive immédiatement la fin de traitement par masque de protraction. L'enchaînement de ces deux thérapeutiques permet d'inhiber efficacement la croissance mandibulaire sagittale en phase pubertaire, réduisant ainsi le risque de récurrence.

- Les dysfonctions devront évidemment être corrigées le plus tôt possible avant la fin du traitement orthopédique pour garantir la stabilité des résultats. [71]

5.2.1.9 Inconvénients Le masque de Delaire bien qu'adapté au traitement des dysmorphoses de cl III, présente des inconvénients non négligeables :

- son efficacité dépend de la coopération du patient avec un port généralement limité au 14 heures par jour au mieux.
- L'ancrage dentaire de cet appareillage limite leur action orthopédique à partir d'un certain âge et responsable de certains effets parasites.
- Le descellement répété de la gouttière et du double arc.

Ces considérations ont poussées certains auteurs à développer nouveaux moyens d'ancrage ; prenant appui directement sur l'os, usant beaucoup moins la coopération du patient et rendant l'appareillage plus acceptables ; il s'agit des systèmes d'ancrage osseux comprenant : les mini implants et implants, les mini-vis et les mini-plaques.

5.2.1.10 Les mini-plaques Selon plusieurs études, les mini-plaques montrent une meilleure stabilité que les mini-vis ou mini-implants avec un taux de succès de 80% à 100%. De plus les mini- plaques sont placés à distance des racines offrant l'avantage de réduire le risque de d'impact de la racine lors de la pose et permettant également le déplacement libre des racines. C'est pourquoi les mini-plaques ont été principalement choisies et étudiées comme système d'ancrage osseux dans le traitement orthopédique des dysmorphoses de cl III par protraction maxillaire.

V.2.1.10.1 Description et utilisation HUGO DE CLERCK a proposé l'utilisation de ces mini-plaques dans le traitement orthopédiques des dysmorphoses de cl III, dans le but de maximiser les effets orthopédiques et de minimiser les effets dento-alvéolaires qui sont plus susceptibles de récidiver avec le temps. Les mini-plaques utilisées sont en titane ou alliage de titane et ont différentes formes et tailles mais possèdent toutes une tête, un corps et un bras. C'est la tête qui est exposée en bouche et qui sert de lien entre la plaque d'ancrage et le système d'appareillage. Elles sont généralement fixées sur l'os au niveau de leur corps par trois vis au maxillaire et deux vis à la mandibule. Pour le traitement des dysmorphoses de cl III, les mini-plaques doivent être positionnées :

- Sur les crêtes zygomatiques ou sur les parois latérales nasales au maxillaire.
- Entre l'incisive latérale et la canine ou plus rarement entre la canine et la première prémolaire à la mandibule.



Figure 158: les mini-plaques maxillaires. [68]

Ces mini-plaques peuvent être tout aussi bien employées avec un masque de Delaire ou avec des élastiques de traction intermaxillaires.



Figure 159: utilisation des mini-plaques d'ancrage avec un masque facial type Delaire. [68]



Figure 160: utilisation des mini-plaques d'ancrage avec les élastiques de traction intermaxillaires. [68]

5.2.1.10.2 Les effets des mini-plaques

Plusieurs études ont été réalisées à propos des effets des mini-plaques ; parmi ces effets on peut citer :

- Une avancée significative de maxillaire.
- de changement significatif de l'axe des incisives maxillaires.
- Une rotation horaire de la mandibule.
- Une correction significative de décalage squelettique.

- Une amélioration significative de profil cutané avec une diminution de la concavité.

Masque à ancrage dentaire VS masque à ancrage osseux

	Masque à ancrage dentaire	Masque à ancrage osseux
La durée de traitement	Plus longue	Réduite
La correction du décalage squelettique	Pas de différence significative	
L'avancée du maxillaire	Moins importante	Meilleure
La rotation postérieure de la mandibule	Plus importante	Moindre
Les effets dento-alvéolaires	Considérables	Réduites voire absentes
Le profil cutané	Amélioration significative	

Tableau 2 : Tableau comparatif des effets du masque à ancrage dentaire à ceux du masque à ancrage osseux.

5.2.1.10.3 Les avantages des mini-plaques

- C'est un appareillage plus discret, moins encombrant, nécessitant moins de coopération du patient, les élastiques pouvant être portés jour et nuit.
- L'action se fait avec des forces moins lourdes (200g) et continues contrairement au masque conventionnel où les forces sont plus lourdes (800g) et discontinues.
- La durée totale de traitement est plus courte.

5.2.1.10.4 Les inconvénients

- Une phase chirurgicale est nécessaire à leur pose et leur dépose.
- L'âge optimal à partir duquel le traitement par plaque peut être envisagé, la plupart des chirurgiens s'accordent sur le fait de retarder l'intervention après l'âge de 10 ans car la qualité de l'os au niveau de l'arc infra-zygomatique nécessaire à la stabilité primaire et secondaire des plaques est meilleure en fin de denture mixte ou en denture permanente qu'en denture temporaire. [68]

5.2.1.11 Cas clinique de la littérature

Patient âgé de 8 ans et 7 mois consulte pour une inversion de l'articulé antérieur.

L'examen exobuccal montre un visage carré avec des lèvres jointes au repos. La lèvre supérieure fine est en arrière de la lèvre inférieure épaisse et éversée. Les pommettes sont effacées et les plis naso-géniens sont très marqués.



Figure 161: photos exobuccales de face et de profile. [71]

On observe, en occlusion, un overbite de - 3 mm au niveau incisif. L'examen fonctionnel révèle un trajet d'ouverture-fermeture rectiligne et la manoeuvre de De Névrézé permet l'obtention d'un bout à bout incisif.



Figure 162: Overbite au niveau incisif. [71] Figure 163: Manoeuvre de NEVREZE : bout à bout incisif. [71]

La radiographie panoramique révèle la présence de tous les germes successionnels. L'examen céphalométrique montre qu'il s'agit d'un patient normodivergent avec une classe III squelettique surévaluée par le proglissement mandibulaire.

Un traitement orthopédique est conduit avec un masque facial de Delaire sur un système d'ancrage intra-oral de type double arc très rigide en 10/10e mm, scellé sur les premières molaires permanentes maxillaires, avec des crochets de traction situés en distal des incisives latérales maxillaires. Il permet d'exercer des tractions à direction postéro-antérieure à partir de l'ancrage intra-oral par l'intermédiaire d'élastiques. La durée d'application des tractions est

d'environ 12h/24h et leur port est nocturne. La direction de traction est dirigée d'arrière en avant et de haut en bas pour éviter une rotation antihoraire du maxillaire. Les contrôles s'effectuent toutes les 6 semaines.

Dans ce cas, le rétablissement du guidage antérieur par l'obtention d'un surplomb positif va supprimer le proglissement et ainsi, empêcher l'évolution vers une classe III vraie.

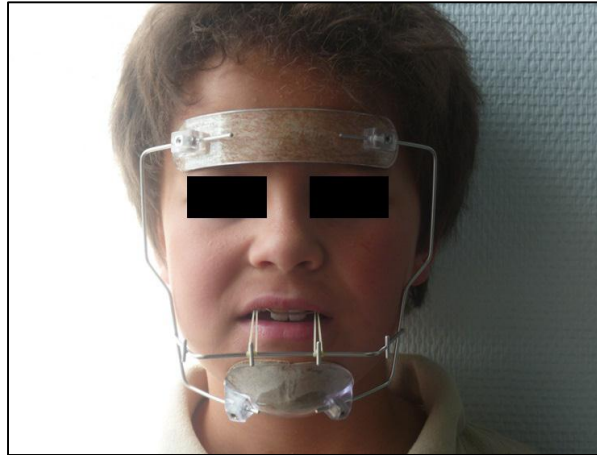


Figure 164: Masque de Delaire mis en place. [71]

L'utilisation du masque de Delaire permet de stimuler la croissance maxillaire, de freiner la croissance mandibulaire et de rétablir un guide antérieur fonctionnel et un verrouillage de la classe III par une butée incisive profonde, ceci afin d'empêcher l'installation de la dysmorphose.

L'observation des photographies de fin de traitement révèle la présence des pommettes et les sillons naso-géniens sont peu marqués.



Figure 165: Photos exo buccal de face et de profile droite après la fin de traitement. [71]



Figure 166: Vue endobuccal de face et de profile droite et gauche après traitement. [71]

Les résultats céphalométriques montrent au niveau squelettique un angle ANB augmenté allant dans le sens de la réduction de la classe III et un maintien du sens vertical chez le patient.

Les superpositions générales mettent en évidence une avancée du maxillaire avec obtention du surplomb antérieur.

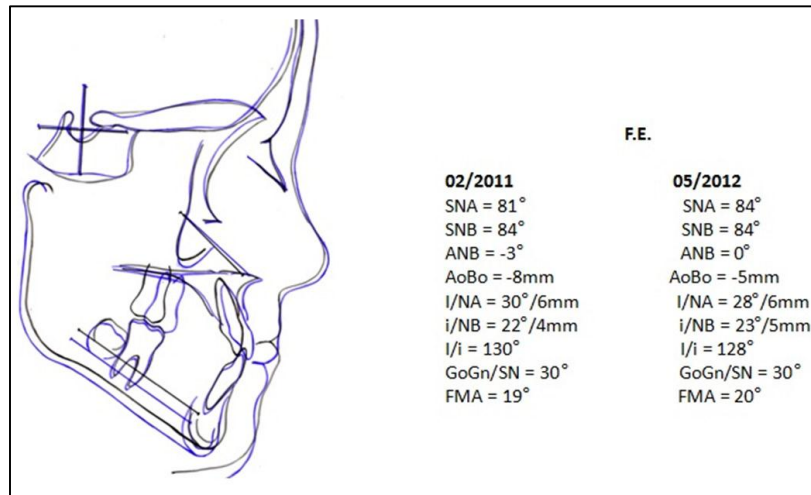


Figure 167: Superpositions générales avec évolution des valeurs céphalométriques [71]

Les dents antérieures n'ont pas subi de versions importantes au cours de la correction et de l'amélioration des rapports au niveau incisif. La force extra-orale appliquée a provoqué une égression de la première molaire supérieure.

L'action du masque de Delaire a amélioré les relations squelettiques en favorisant la croissance maxillaire et en freinant la croissance mandibulaire. La pression exercée par la mentonnière a entraîné un abaissement et un recul du menton d'où la correction de l'articulé inversé chez ce patient. [71]

6. Avantages des forces extra orales

- Evite une intervention chirurgicale : dans certain cas les forces extra orales peuvent éviter la nécessité d'une intervention chirurgicale. Les traitements orthopédiques précoces peuvent souvent corriger les problèmes dentaires avant qu'ils ne deviennent plus graves et nécessitent des interventions plus invasives.
- Réduction du temps du traitement : en traitant les malocclusions à un stade précoce
- Elles constituent également une prévention :
 - des inclusions des canines par manque de développement du prémaxillaire ;
 - des troubles parodontaux dus au traumatisme occlusal de l'articulé inversé ; en cas de classe 3

-des troubles temporo-mandibulaires engendrés par un articulé croisé, transversal et antérieur, traumatisant.

- HBD facile à maintenir, moins d'effets secondaires de la mécanothérapie tels que, résorption radiculaire et décalcification.
- Le coût est relativement inférieur à celui d'un appareil fixe.

7. **Inconvénients des forces extra-orales**

Le traitement par force extra-orale peut présenter certains inconvénients, voici quelques points à prendre en considération :

- Elle diminue le confort du patient et requiert une coopération importante, le port d'un appareil extra-buccal 14 h par 24 h constituant une contrainte importante au quotidien.
- elle met en œuvre des forces orthodontiques importantes pouvant créer des effets iatrogènes sur le ligament dentoalvéolaire, puis secondairement sur la morphologie radiculaire.
- Elle générerait des pressions et tensions suturales péri-crâniennes, toute force lourde (de 500 g à 1500 g) sur une suture membraneuse pouvant avoir des effets perturbateurs de la mobilité crânienne physiologique.
- Elle semble moins justifiée à l'heure des nouvelles technologies et des nouveaux matériaux. Dans le souci d'une approche orthodontique simplifiée, la technique DAC, technique intra-orale de distalisation qui n'utilise pas de force extra-buccale, trouve un intérêt dans les traitements précoces en classe II, division 1. [77]
- Elles peuvent provoquer des dcm, sachant que toutes les études publiées dans la littérature internationale qu'elles soient longitudinales ou transversales ont démontré que le pourcentage de dysfonctions intra capsulaires n'est pas différent dans la population orthodontique par rapport à la population générale. [78]
- Le traitement doit être effectué à un moment précis et relativement critique.
- N'est pas utile chez les adultes dont la croissance active est terminée.
- Elle nécessite une phase finale de thérapie par appareil fixe pour obtenir un détail final ou un alignement final de la position des dents.
- Elles peuvent causer des blessures au niveau du visage et/ou des yeux en 1982, l'A.A.O. publie des résultats préliminaires sur l'analyse de l'utilisation de force

extra orale. Sur 4 798 réponses, 217 accidents consécutifs à l'emploi d'appareils extra oraux sont rapportés. [79]

- Plus rarement des allergies dues aux composants de l'appareil (Nickel, Latex...). [80]

8. La psychologie appliquée et prise en charge de l'enfant face à un traitement par FEB.

La FEB est par définition, un dispositif externe très visible. Son port est assez contraignant, ce qui implique une forte coopération du patient qui peut avoir des difficultés issues de :

- l'environnement : opposition de l'un des parents, enfant pensionnaire, famille nombreuse et agitée -le caractère du patient : enfant timide, introverti ou bien, à l'opposé, très autonome et de personnalité forte ; - le mode de vie : patient aux multiples activités ou très fréquemment à l'extérieur; - le sommeil : sommeil agité, enfant insomniaque, endormissement sur le ventre.

Et du coup pour résoudre ces problèmes le praticien doit :

- tester l'enfant si des extractions s'avèrent nécessaires et si le port de la F. E. B. est indiqué, avant de s'engager dans un choix irréversible. -changer le type de traction, en cas de difficulté particulière, sans trop tenir compte des caractéristiques mécaniques. - les couleurs vives des bandes et des casques n'ont guère d'effet motivant plus d'une semaine. - conseiller la suppression totale du port pendant 2 à 3 jours, en cas de douleurs. - renforcer constamment la motivation à chaque séance. - prescrire des sédatifs légers pour les premières nuits. [8]

9. Actualités des FEB

Selon une étude qui a été réalisée sur 948 orthodontistes américains et canadiens (une enquête en ligne a été envoyée à des orthodontistes choisis au hasard) .On a conclu que :

- Plus que la moitié d'orthodontistes (62%) utilise les FEB et croit que ce sont un viable traitement ; en raison d'utiliser les FEB pendant leur résidanat qui a été un facteur influent sur leur prise de décision.
- 38% d'orthodontistes n'utilisent pas les FEB à cause de la disponibilité de meilleurs correcteurs de CL 2 dans le marché et aussi le manque de la coopération des patients. [81]

Chapitre IV : Partie pratique.

Cas clinique n°01

Dr Hamzaoui

Il s'agit de Berki Samuel âgé de 10 ans qui consulte le 21 mai 2023 pour motif esthétique sans antécédents généraux ou orthodontiques.

- L'examen exobuccal révèle

Une symétrie faciale avec une face courte, chemin de fermeture rectiligne, prochéilie supérieure et inférieure et un profil convexe selon Ricket.

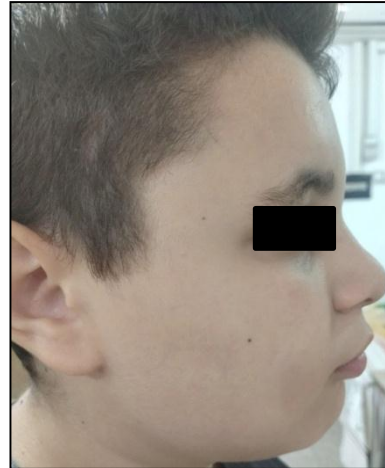


Figure 168 :photographie de face Figure 169 :photographie du profil

- L'examen endobuccal révèle

Une supraclusion moderne

Une coïncidence de la ligne inter incisive

Une OB, OV augmentés (OB= 4.5mm, OV= 4mm)

Classe I d'Angle molaire et Classe II d'Angle canine.



Figure 170 :photographie endobuccale



Figure 171 : vue endobuccal coté droit.



Figure 172 : vue endobuccal coté gauche.

- **Les radiographies**

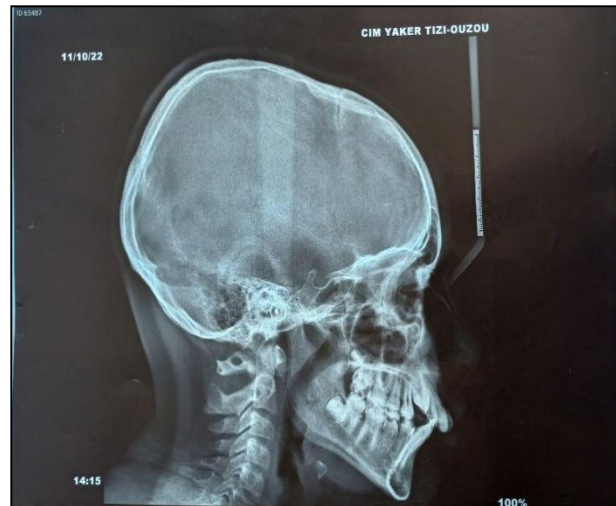


Figure 173 :radiographie de profil

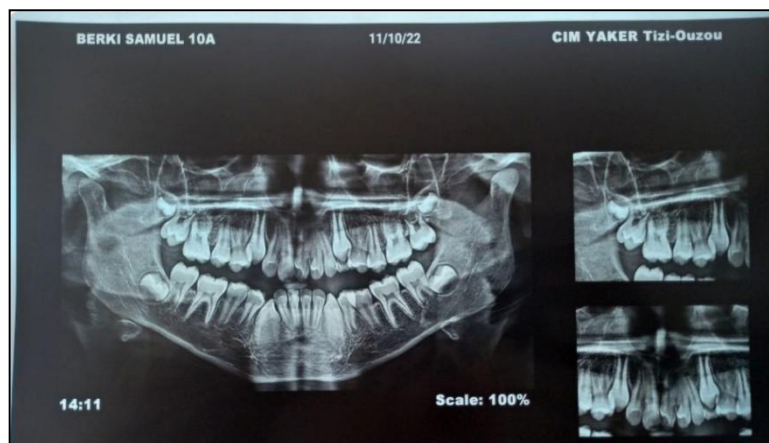


Figure 174 :Panoramique dentaire

- **Signes téléradiographiques**

Analyse de Ballard

Angle	Valeur	Signification
SNA	88°	Le maxillaire est en avant par rapport à la base du crâne.
SNB	82°	La mandibule est en position normale par rapport à la base du crâne.
ANB	6°	Décalage des bases osseuses dans le sens d'un maxillaire en avant par rapport à la mandibule
A'B'	4.5mm	Classe II squelettique.
I/F	125°	Proalvéolie supérieure.
i/m	80°	Rétroalvéolie inférieure.
I/i	107°	protrusion du groupe incisif.

Diagnostic synthétique :

Il s'agit de patient nommé de Berki Samuel âgé de 10 ans, présentant une classe II squelettique à responsabilité maxillaire associée à une proalvéolie supérieure et une rétroalvéolie inférieure.

- Plan de traitement :

- Motivation à l'hygiène buccodentaire (enseignement de la technique, fréquence et durée du brossage avant, durant et après le traitement)

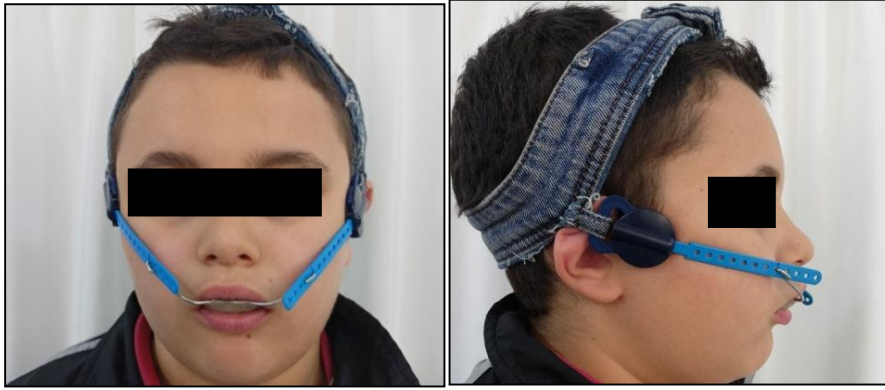
- Un détartrage

- Phase 01 : traitement orthopédique

Par force extra orale sur gouttière.

- Phase 02 : traitement orthodontique

- Contention



Cas clinique n° 02

Il s'agit de Amrane Zohra âgée de 11 ans qui consulte le 19 Février 2023 pour motif esthétique sans antécédents généraux ou orthodontiques.

- L'examen exobuccal révèle :

Une asymétrie faciale ; hypodéveloppement du côté droit par rapport au côté gauche, la lèvre supérieure est fine et hypertonique, un chemin de fermeture en baïonnette, le profil est concave selon Rickett.



. Figure 176 : photographie de face. Figure 177 : photographie du profil.

- L'examen endobuccal révèle :
 - Un articulé inversé antérieur.
 - absence de coïncidence des milieux inter incisifs.
 - OB et OJ sont négatifs (OJ=-4,15mm, OB=-2,6mm).
 - classe III d'Angle molaire et canine.



Figure 178 : photographie endobuccale de l'articulé inversé.



Figure 179 : vue endobuccale coté gauche. Figure 180 : vue endobuccale coté droit.

- L'examen des fonctions révèle :

Une respiration buccale, confirmée par différents tests : test de miroir, test de Gudín...

- Les radiographies :



Figure 181 : téléradiographie de profil.

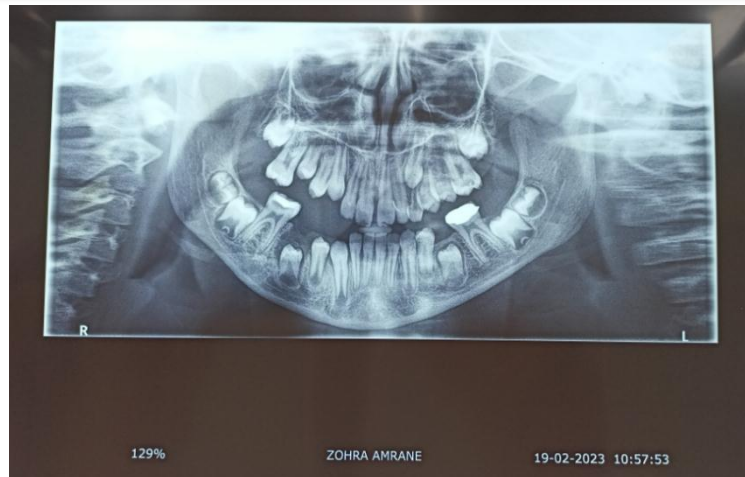


Figure 182 : panoramique dentaire.

- Signes téléradiographiques

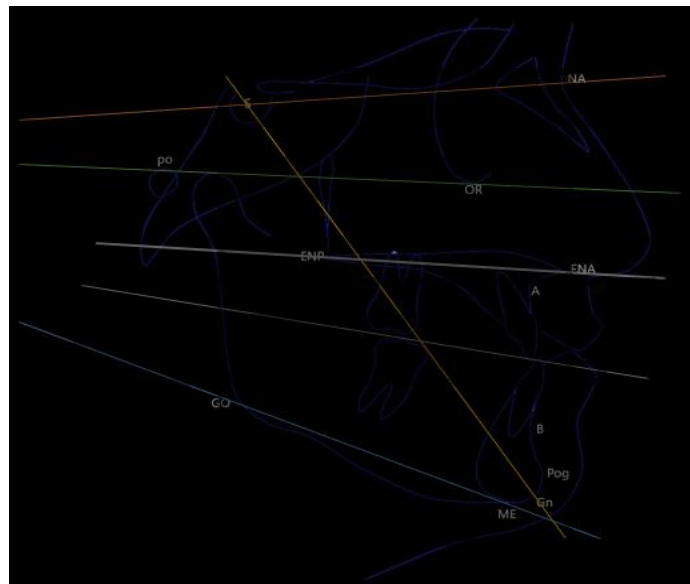


Figure 183 : le tracé céphalométrique.

Analyse de Ballard :

Angle	Valeur	Signification
SNA	77,5°	Le maxillaire est en arrière par rapport à la base du crane.
SNB	78,5°	La mandibule est en position normale par rapport à la base du crane.
ANB	-1°	Le maxillaire est en retrait par rapport à la mandibule.
A'B'	-4,5mm	Classe III squelettique.
I/F	108°	Normoalvéolie supérieure.

i/m	84,5°	Rétroalvéolie inférieure.
I/i	143,5°	Rétrusion du groupe incisif.

- Diagnostic synthétique

Il s'agit de Amrane Zohra agée de 11 ans, présentant une classe III squelettique à responsabilité maxillaire associée à une rétroalvéolie inférieure.

- Plan de traitement

-Motivation du patient à l'HBD avant, en cours et enfin de traitements par un brossage régulier et correct d'au moins 3 fois/ jours.

-Phase 1 : Traitement orthopédique.

Par masque de Delaire associé à la gouttière de disjonction de Jean Louis Raymond.

-Phase 2 : traitement orthodontique.

-contention.



Figure 184 : vue endobuccal de la gouttière de JLR scellée en bouche.

Après 04 mois du traitement (19 Juin 2023) :



Figure 185 : vue endobuccale côté gauche. Figure 183 : vue endobuccale côté droit.



Figure 186: vue endobuccale antérieure.

Conclusion

Les forces extra-orales en étant des appareils orthopédiques permettent le traitement des dysmorphoses basales en appliquant des pressions externes sur les structures crâniennes et faciales, ce qui permet de modifier leur croissance et leur position aboutissant ainsi à une occlusion fonctionnelle et une esthétique faciale harmonieuse.

L'utilisation appropriée des forces extra-orales exige une évaluation précise de chaque cas individuel afin de déterminer le type d'appareil le plus approprié et la durée de traitement nécessaire ainsi une connaissance et une maîtrise des lois physiques qui régissent les mouvements dentaires et les changements des positions des maxillaires ; c'est la biomécanique des forces extra-orales.

La compréhension de la biomécanique permet l'application des forces contrôlées et adaptées aboutissant à des mouvements dentaires et/ ou squelettiques spécifiques.

L'analyse biomécaniques des forcer extra-orales comprend plusieurs aspects importants, tels que la magnitude (intensité) de la force, sa direction, son point d'application et sa durée.

Grace aux avancées technologiques et aux recherches dans le domaine de la biomécanique des forces extra-orales, les praticiens sont désormais en mesure d'appliquer des forces contrôlées et précises sur les structures osseuses et dentaires pour obtenir des résultats optimaux.

Ce domaine est complexe et nécessite une étude approfondie du cas car les forces doivent être appliquées avec précision pour obtenir les résultats souhaités et éviter les effets indésirables et les complications. Un suivi régulier et des ajustements des forces sont essentiels pour surveiller la progression du traitement et apporter les modifications nécessaires.

La réussite de traitement par les forces extra-orales est alors proportionnelle à la capacité du praticien de choisir l'appareil le plus adapté à son cas et de savoir l'utiliser en suivant les règles de la biomécanique orthodontique. La coopération active du patient est également essentielle pour garantir le succès du traitement.

Il est important de noter que les forces extra-orales demeurent la meilleure option de traitement pour les dysmorphoses basales, ce qui permet de réduire considérablement le recours à la chirurgie, réservée à des cas exceptionnels.

Références bibliographiques

- [1] Laraba S. Croissance et développement dentaire notion de bases. Office des publications universitaires 1, Place centrale de Ben-Aknoun(Alger). 1996. [consulté le 10 Sept 2023]. Disponible sur : <https://www.doctissimo.fr/sante/dictionnaire-medical/croissance#:~:text=Croissance%20%3A%20terme%20m%C3%A9dical%20utilis%C3%A9%20pour,%C3%AAtres%20vivants%2C%20de%20choses.>
- [2] Aknin JJ. La croissance cranio-faciale. Orthopédie Dento-Faciale. SID ; Oct 2007.
- [3] Elhaddaoui MR, BenyahiaH. Intérêt de la méthode de maturation des vertèbres cervicales (CVM) en orthopédie Dento-Faciale : mise au point 2014.
- [4] Raberin M. Les vertèbres cervicales : indicateurs du dynamisme.
- [5] les anomalies de sens vertical. [Consulté le 10 Sept 2023]. Disponible sur : http://www.medespace.fr/Facultes_Medicales_Virtuelles/les-anomalies-du-sens-vertical/
- [6] Anomalies squelettiques.[Consulté le 10 Sept 2023]. Disponible sur : <https://www.tete-cou.fr/pathologies/anomalies-squelettiques>
- [7] Bioleu MJ, Bardinet E, Barthert B, Bazert C, Canal P, Casteight J et al. Orthodontie de l'enfant et de jeune adulte. Tome 1 .Elsevier Masson Nov 2011.
- [8] Bassigny F, Canal P. Manuel d'orthopédie dento-faciale : Masson ; 1983.
- [9] Vincent S. La classe II squelettique : état actuel des connaissances et intérêt de sa correction par élastiques. [Thèse]. Université Aix Marseille ; 30 Sep 2022.
- [10] Retrouvey JM, Kousaie K. Physique de base en orthodontie.
- [11] LES COURS DENTAIRE. Les auxiliaires en odf [En ligne]. AL-ostad. [Consulté le : 15 Jun 2023]. Disponible sur : <http://cours-dentaire.blogspot.com/2011/01/les-auxilliaires-en-odf.html>
- [12] Zannini M. Préparation parodontale pré-orthodontique des migrations dentaires d'origine pathologiques [Thèse]. 2011.
- [13] Missara. Evolution des brackets en orthopédie dento-faciale [Mémoire]. Tizi-Ouzou Université de Mouloud Maameri 2019.
- [14] SEMANTIC SCHOLAR. Biomécanique des aligneurs en orthodontie [En ligne]. [Mise à jour le : 4 Jun 2018; consulté le : 15 Juin 2023]. Disponiblesur : <https://www.semanticscholar.org/paper/Biom%C3%A9canique-des-aligneurs-en-orthodontie-Chaudret/eb10d6b8536f64a70df24bd7962fa446174fcc45>
- [15] Dehini M. Etude biomécanique de l'effet des forces de mastication sur la mandibule [Mémoire]. Oran : faculté de génies mécaniques, 2016-2017.
- [16] Pr Hariti H. Synthèse de la biomécanique. Master STAPS. 2017-2018.
- [17] Canal P, Delsol L, wiechmann D. Orthodontie linguale : Elsevier Masson ; 2016.

Références bibliographiques

[18] Superprof Ressources. Comprendre les fondamentaux des mouvements des êtres vivants. [Consulté le 20 Avr 2023]. Disponible sur :

<https://www.superprof.fr/ressources/sport/sport-tous-niveaux/notions-mecanique-corps-humain.html>

[19] Superprof Ressources. Les 3 lois de Newton : inertie, dynamique et actions réciproques [En ligne]. Yann. [Mise en ligne le : 23 Avr 2023; consulté le : 11 Jun 2023]. Disponible sur :

<https://www.superprof.fr/ressources/physique-chimie/physique-chimie-terminale-s/lois-newton.html#:~:text=1%E2%83%A3%20Premi%C3%A8re%20loi%20de%20Newton,inversement%20proportionnelle%20%C3%A0%20sa%20masse>

[20] Jacques F. Biomécanique orthodontique. Editions SID, groupe EDP sciences.

[21] LAROUSSE. [En ligne]. [Consulté le : 11 Juin 2023]. Disponible sur : <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/biom%C3%A9canique/9442>

[22] PRESSBOOKS. Physique 3^{ème} [En ligne]. [Consulté le 11 juin 2023]. Disponible sur : <https://pressbooks.pub/phy3/chapter/chapitre-2-les-forcesco,posqnts>

[23] Nagwa. Fiche explicative de la leçon : Décomposition des forces [En ligne]. [Consulté le : 11 Jun 2023]. Disponible sur :

<https://www.nagwa.com/fr/explainers/358193535020>

[24] BOO WIKI. Valeurs propres et vecteurs propres [En ligne]. [Consulté le : 15 Jun 2023]. Disponible sur : <https://boowiki.info/art/algebre/valeurs-propres-et-vecteurs-propres.html>

[25] Loynet Y. La biomécanique : forces et mouvements. 2021-2022.

[26] Problèmes de rétention orthodontiques. Problèmes de rétention orthodontiques [En ligne]. Canada 2016, [consulté le 20 Mar 2023] .disponible sur www.Bücco.me ou www.Orthodontistesenligne.com.

[27] Messier P. Forces délivrées lors de l'expression des mouvements de troisième ordre des appareils orthodontiques préajustés : une étude comparative [Mémoire]. Université de Montréal 2006.

[28] Lebaron L, Moisan L. Le déplacement dentaire provoqué Bases de mécanique en orthodontie.

[29] Villemin G. Glossaire barycentre.

[30] Kholoki S, La biomécanique en orthodontie quel système choisir ?

[31] Heidari S. Biomechanic and type of tooth movement.

Références bibliographiques

- [32] Ram S. Nanda, Yahya S. Tosun. Biomechanics in orthodontics Principles and practice. Quintessence Publishing CO, Inc.
- [33] Charles JB, Brent A, Goldberg AJ, Kwangchul C, Giogrio F, Merlo P et al. The biomechanical foundation of clinical orthodontics. Quintessence Publishing Co, Inc; 2015.
- [34] Moussaoui B. Biomécanique orthodontique.
- [35] Kourad . Biomécanique orthodontique.
- [36] Eor aligner .Orthodontic tooth mouvement [En ligne]. [Consulté le 20 jun 2023] .Disponible sur www.eoraligner.com .
- [37] Amar chihab A.Types of tooth mouvements [En ligne] 9Nov 2021 ; [Consulté le 25 Jun 2023] ; 1(1) ;[06 pages]. Disponible sur uomustansiriyah.edu.iq.
- [38] Robine C. Les minivis orthodontique : Indications et bilan pré chirurgical. [Thèse].Nante : Université de Nante ; 2010.
- [39] Bouyahyaoui N, Alehyane N, Benyahia H, Zaoui F. Minivis et ancrage orthodontique : mise au point. [Thèse]. Faculté de médecine dentaire Rabat ; Mar 2011. Disponible sur : <http://www.sop.asso.fr>.
- [40] Kaci N. Les mini-implants orthodontiques : Acier ou Titane ? [Mémoire]. Tizi-Ouzou : Faculté de médecine université de Mouloud Mammeri 2018/2019.
- [41] Arc de Nance. B ORTHO. [Consulté le16 Jun 2023].disponible sur: <https://www.sinodentalgroupe.com>.
- [42] Les traitements nouvelles technologies –mini implant d’ancrage. [Consulté le 25 Jun 2023]. Disponible sur : <https://www.orthomarrakech.com>.
- [43] Meghebi. Thérapeutique orthopédique. [Exposé]. Université Annaba .[Crée le 5Avr 2019; consulté le 13 Mai 2023].disponible sur le site <https://fr.slideshare.net/fatiguzel/therapeutique-orthopedique-134557077>
- [44] Benmansour. La thérapeutique orthopédique.
- [45] Messara B. les activateurs de cl II : indications et actions [mémoire]. Tizi-Ouzou : université Mouloud Mammeri ; 2021.
- [46] .Cherif N.Les activateurs orthopédiques de croissance et la malocclusion de cl II. [Mémoire].TELEMCEM : Faculté de médecine université Abou Bekrebelkaid.2016.
- [47] La 2nd loi de Newton . [Consulté le 10 Sep 2023] . Disponible sur :https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=o_ApcoJZJas
- [48] Khodja K. Biomécanique appliquée à l’orthodontie.

Références bibliographiques

- [49] Péroy A. Intérêt de l'application de la force extra-orale antéro-postérieure en denture mixte. [En ligne]. [Consulté le 08 Mai 2023]. Disponible sur : <http://www.odf.edpsciences.org> ou sur : <http://dx.doi.org/10.1051/odf/1980007>
- [50] Philippe J. Qui a inventé... la force extra-orale ? Who invented... extra-oral force ? [En ligne]. 2000. [Consulté le 8 Mai 2023] : [5 pages]. Disponible sur : <http://odf.edpsciences.org/> Ou sur <https://dx.doi.org/10.1051/odf/2000029>
- [51] All orthodontics services. Produits orthodontiques [En ligne] .Brussels.2003. [Consulté le 10 Jun 2023].Disponible sur <https://all-ortho.be/produits/forces-extra-orales/>.
- [52] La boutique de l'orthodontiste .La boutique de l'orthodontiste [En ligne].France. [Consulté le 23 Jun 2023].Disponible sur www.secsmo.com.
- [53] Patrick D .Force extra buccale [En ligne].Saint Louis.[Consulté le 10 Jun 2023].Disponible sur <https://docteurpatrickdayez.fr/techniques-utilisees/force-extra-buccale-feb/>
- [54] Ormodent au service de l'orthodontiste .casques (High pull straps) [En ligne].Morroco .2022. [Consulté le 23 Jun 2023] .Disponible sur <https://ormodentmaroc.com/produits/casques-high-pull-straps/>
- [55] Db orthodontics.Safety release Modules[En ligne].2023.[Consulté le 10 Mai 2023].Disponible sur <https://dbortho.com/pages/privacy-policy>
- [56] Appareil dentaire .Qu'est -ce qu'un headgear ? [En ligne].France .22 Mars 2015 ; [Consulté le 12 Mai 2023] .Disponible sur www.Appareildentaire.info .
- [57] Hachemi .B .Les forces extra orales.
- [58] Les forces extra buccales sur bagues .Les forces extra buccales sur bagues [En ligne].Mars 2007 ; [Consulté le 11 Mai 2023] .Disponible sur <https://www.Scribd.com/upload-document> .
- [59] Siaho.Y .Gestion orthodontique de la distalisation des premières molaires maxillaires [thèse] .Marseille ; Faculté d'odontologie de Marseille .05 Fév 2019.
- [60] Michael R, Marcotte. Biomechanics orthodontics. Decker Incorporated under the international Copyright Union.1990.
- [61] Chauty S. Traitement interceptif DAC versus monobloc versus absence de traitement : une étude comparative sur 201 cas [Mémoire]. Académie de Lyon, université de Lyon 1 ; 2005-2006.
- [62] Bioleu MJ, Bardinet E, Bazert C, Duhart AM , Marteau JM , Pujol A et al. Orthodontie de l'enfant et de jeune adulte. Tome 2. Elsevier Masson SAS 2013.

Références bibliographiques

- [63] Chiche-uzan. L, Legall. M, Salvadori.A. Appareils amovibles à action orthopédique et à action orthodontique .Elsevier Masson SAS. 2009 ; P12.
- [64] Les forces extra orales sur gouttière. [Consulté le 17 Jun 2023]. Disponible sur: <https://www.jle.com>.
- [65] Arcs faciaux avec boucles orthotechnology. [Consulté le 22Jun2023].disponible sur: <http://www.dentalword.com>.
- [66] Les modules de traction. [Consulté le 24 Jun 2023]. Disponible sur : <https://www.macobe.com>.
- [67] CURIALE L, Les Mésiopositions Unilatérales Maxillaires Et Mandibulaires : Rappels et Traitements [Thèse], France, Aix-Marseille Université 2021.
- [68] Olimpo M. Traitement orthopédique des dysmorphoses de classe III : où en est-on en 2015 ? [Thèse]. Université Nice-Sophia Antipolis Faculté de chirurgie dentaire; 2015. Disponible sur : <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01306318>
- [69] Chateau M, Janver G, Kolf J, Lambertini P, Lejoyeux E, Petit H et al. Orthopédie dento-faciale tome 2 : Edition CdP ; 1993.
- [70] Raymond JL. Traitement orthopédique des malocclusions de cl III Réhabilitation occlusale et fonctionnelle ; 2011.
- [71] Bationo R, Kaboré W, Guiguimé W, Jordana F, Ouédraogo Y, Fall M et al. contrôle de l'efficacité clinique du masque de Delaire dans le traitement orthopédique de cl III [Thèse].centre médical,camp général Aboubacar Sangoulé Lamizana .
- [72] Prothalia. Ortheses dentaire [En ligne]. [Consulté le : 10 mai 2023]. Disponible sur:<https://www.prothalia.fr/nos-produits/nos-produits-2-2>
- [73] InnOralis. Prise en charge fonctionnelle de cl III [En ligne]. Dr Jean Louis Raymond.[Mise en ligne le : 25 Nov 2020; consulté le : 10 Mai 2023] . Disponible sur :<https://www.innoralis.fr/fr/publications/prise-en-charge-fonctionnelle-des-classe-iii>
- [74] Cabinet d'orthodontie ERSTEIN. Le masque facial de Delaire [En ligne]. Docteur Marc HILDWEIN, Thibaud HILDWEIN et Camille MULLER TRITSCHLER, [Consulté le : 12 Mai 2023]. Disponible sur: <https://dr-hildwein-marc.chirurgiens-dentistes.fr/les-techniques-orthodontiques-du-cabinet/le-masque-facial-de-delaire>
- [75] Stomatonantes.Quels sont les moyens de mobilisation [En ligne]. N Nimeskem. [Mise en ligne le : 12 Mai 2023]. Disponible sur: <http://stomatonantes.free.fr/orthodontie2.html>

Références bibliographiques

[76] ScienceDirect. Les finitions dans les traitements orthodonticochirurgicaux [En ligne]. Jean Michel Brunel. [Mise en ligne en Sept 2015;consulté le : 12 Mai 2023]. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1761722715000583>

[77] Gebeile Chauty S, Schott AM, Morra L,Aknin JJ. Les forces extra-buccales sont-elles justifiées dans le traitement précoce des classes II ? [En ligne]. 2009. [Consulté le 10 Mai 2023] : [13 pages]. Disponible sur : <http://www.orthodfr.org>

[78] Arnone R. Dysfonctions cranio-mandibulaires et forces extra-orales : des mythes et des réalités. [En ligne]. [Consulté le 10 Mai 2023] : [6 pages]. Disponible sur : <http://odf.edpsciences.org/>

[79] Béry A. Les accidents dus aux forces extra-orales. [En ligne]. [Consulté le 10 Mai 2023] : [5 pages]. Disponible sur : <http://odf.edpsciences.org/>

[80] Almuzian M, Alharbi F, McIntyre G. Extra-oral appliances in orthodontic treatment. [En ligne]. 2017 Sep. [Consulté le 10 Mai 2023] : [7 pages]. Disponible sur : <http://www.Magonlinelibrary.com>

[81] Samuel B. Allenb ; Al M. Bestc ; Steven J. Lindauerd . Current trends in headgear use for the treatment of Class II malocclusions Eser Tufekci .

Résumé

La thérapeutique orthopédique mécanique représentée essentiellement par les Forces extra orales qui peuvent être utilisées seules ou associées à d'autres appareillages se base sur la connaissance de la biomécanique de celles-ci qui se définit par une application des lois de la mécanique sur les structures osseuses et alvéolo-dentaires, dont l'objectif est de traiter correctement les dysmorphoses squelettiques (Cl II et Cl III) ainsi de rétablir l'esthétique et les différentes fonctions de l'appareil manducateur.

Pour arriver à maîtriser cette fameuse biomécanique ; il faut d'abord savoir et prendre en considération toutes les notions fondamentales concernant la biomécanique pour arriver justement à l'appliquer sur chaque appareil des FEB efficacement.

Le but du travail réalisé dans ce mémoire sous le titre de « la biomécanique de F.E.B » est de faire connaître aux lecteurs la biomécanique utilisée en orthodontie afin de pouvoir l'appliquer correctement lors de traitement par Forces extra orales. Plusieurs figures et illustrations ont été présentées pour chaque titre accompagnés de nombreux exemples et cas cliniques afin de bien expliquer notre thème.

Mots clés : centre de résistance, centre de rotation, la force, moment de force, les forces extra orales, translation, distalisation.

Abstract

Mechanical orthopedic therapy, primarily represented by extraoral forces that can be used alone or in conjunction with other appliances, is based on an understanding of their biomechanics, which is defined by the application of mechanical laws to the skeletal and dentoalveolar structures. Its objective is to effectively treat skeletal dysmorphisms (Class II and Class III) and restore aesthetics and the various functions of the masticatory system.

To master this renowned biomechanics, one must first acquire and consider all the fundamental concepts related to biomechanics in order to effectively apply them to each extraoral force appliance.

The purpose of this thesis, titled "Biomechanics of Extraoral Forces," is to familiarize readers with the biomechanics used in orthodontics, enabling them to correctly apply it during treatment with extraoral forces. Multiple figures and illustrations have been presented for each section, accompanied by numerous examples and clinical cases to provide a comprehensive explanation of our topic