



HAL
open science

La classe II squelettique: état actuel des connaissances et intérêt de sa correction par élastiques

Sophie Vincent

► **To cite this version:**

Sophie Vincent. La classe II squelettique: état actuel des connaissances et intérêt de sa correction par élastiques. Sciences du Vivant [q-bio]. 2022. dumas-04055903

HAL Id: dumas-04055903

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04055903v1>

Submitted on 3 Apr 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0
International License

THÈSE

***POUR OBTENIR LE DIPLÔME D'ÉTAT
DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE***

Présentée et publiquement soutenue devant

Aix-Marseille Université
(Président : Monsieur le Professeur Éric BERTON)

Faculté des Sciences Médicales et Paramédicales
(Doyen : Monsieur le Professeur Georges LEONETTI)

École de Médecine Dentaire
(Directeur : Monsieur le Professeur Bruno FOTI)

***La Classe II squelettique : état actuel des connaissances
et intérêt de sa correction par élastiques***

Présentée par

VINCENT Sophie

Née le 30 avril 1996
À Grasse (06)

Thèse soutenue le **Vendredi 30 septembre 2022**

Devant le jury composé de

Président : Professeur LE GALL Michel

Assesseurs : Docteur BOHAR Jacques

Docteur PHILIP-ALLIEZ Camille

Docteur VIEILLARD Pierre

Invitée : Docteur BROS Agnès

ADMINISTRATION

Doyens Honoraires	Professeur Professeur Professeur Professeur	Raymond SANGIUOLO† Henry ZATTARA André SALVADORI Jacques DEJOU
Directeur	Professeur	Bruno FOTI
Directeurs adjoints	Professeur Professeur	Michel RUQUET Anne RASKIN
Chargés de missions Formation Initiale Recherche Formation Continue	Professeur Professeur Professeur	Michel RUQUET Anne RASKIN Frédéric BUKIET
Relations Internationales Internat et Diplômes d'Études Spécialisées Affaires générales	Professeur Professeur Docteur	Hervé TASSERY Virginie MONNET-CORTI Patrick TAVITIAN
Responsable Administrative	Madame	Katia LEONI

PROMOTIONS :

2019 Raymond SANGIUOLO
2020 Gaston BERGER
2021 Joseph MIGOZZI

LISTE DES ENSEIGNANTS

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS – PRATICIENS HOSPITALIERS

BUKIET Frédéric (58-01)
FOTI Bruno (58-02)
LE GALL Michel (56-01)
MONNET-CORTI Virginie (57-01)
RASKIN Anne (58-01)
RUQUET Michel (58-01)
TARDIEU Corinne (56-01)
TARDIVO Delphine (56-02)
TASSERY Hervé (58-01)
TERRER Elodie (58-01)

PROFESSEUR DES UNIVERSITÉS

ABOUT Imad (65)

PROFESSEURS ÉMÉRITES

DEJOU Jacques (58-01)
HUE Olivier (58-01)

MAITRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS – PRATICIENS HOSPITALIERS

ABOUDHARAM Gérard (58-01)	LAN Romain (56-02)
BANDON Daniel (56-01)	LAURENT Michel (58-01)
BELLONI Didier (57-01)	MAILLE Gérald (58-01)
BOHAR Jacques (56-01)	MENSE Chloé (58-01)
CAMOIN Ariane (56-01)	PHILIP-ALLIEZ Camille (56-01)
CAMPANA Fabrice (57-01)	POMMEL Ludovic (58-01)
CATHERINE Jean-Hugues (57-01)	PRECKEL Bernard-Éric (58-01)
GAUBERT Jacques (56-01)	RÉ Jean-Philippe (58-01)
GIRAUD Thomas (58-01)	ROCHE-POGGI Philippe (57-01)
GIRAUDEAU Anne (58-01)	STEPHAN Grégory (58-01)
GUIVARC'H Maud (58-01)	TAVITIAN Patrick (58-01)
JACQUOT Bruno (58-01)	TOSELLO Alain (58-01)
LABORDE Gilles (58-01)	

MAITRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS ASSOCIÉS

BALLESTER Benoît (58-01)
BLANCHET Isabelle (58-01)
CASAZZA Estelle (58-01)
SILVESTRI Frédéric (58-01)

CHEFS DE CLINIQUE DES UNIVERSITÉS - ASSISTANTS DES HÔPITAUX

ANTEZACK Angeline (57-01)

ARNIER Canelle (56-01)

BAUDINET Thomas (58-01)

BOREL Guillaume (56-02)

BRINCAT Arthur (57-01)

BROS Agnès (56-01)

CHIARINI Thomas (58-01)

DUPRAT Florence (56-01)

FAURE-BRAC Mathias (57-01)

FERRE Enzo (58-01)

FOUQUES Agathe (56-01)

HAMMOUTENE Stéphane (57-01)

LAFONT Jacinthe (57-01)

LAURENT Camille (58-01)

LIOTARD Alicia (58-01)

MADENIAN Pauline (58-01)

MANSUY Charlotte (58-01)

MARCHAL Paul (58-01)

MARTIN William (56-01)

ONGHENA Tom (56-01)

PASCHEL Laura (58-01)

PILLIOL Virginie (58-01)

PRINCE Fanny (57-01)

RAYNAUD Camille (58-01)

REYNAL Florence (56-01)

ROMAO Vincent (57-01)

ROUSCOFF Eva (57-01)

SADOWSKI Camille (57-01)

TERRER Jérémy (58-01)

VEILLARD Pierre (56-01)

ASSISTANT DES UNIVERSITÉS ASSOCIÉ

GRINE Ghilès (57-01)

Intitulés des sections CNU :

56^{ème} section : Développement, croissance et prévention

56-01 Odontologie pédiatrique et orthopédie dento-faciale

56-02 : Prévention – Epidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale

57^{ème} section : Chirurgie orale, Parodontologie, Biologie Orale

57-01 : Chirurgie orale – Parodontologie – Biologie orale

58^{ème} section : Réhabilitation orale

58-01 : Dentisterie restauratrice – Endodontie – Prothèses – Fonction-Dysfonction – Imagerie – Biomatériaux

L'auteur s'engage à respecter les droits des tiers, et notamment les droits de propriété intellectuelle. Dans l'hypothèse où la thèse comporterait des éléments protégés par un droit quelconque, l'auteur doit solliciter les autorisations nécessaires à leur utilisation, leur reproduction et leur représentation auprès du ou des titulaires des droits. L'auteur est responsable du contenu de sa thèse. Il garantit l'Université contre tout recours. Elle ne pourra en aucun cas être tenue responsable de l'atteinte aux droits d'un tiers.

REMERCIEMENTS

À Monsieur le Professeur Michel LE GALL,

Président de thèse,

Docteur en Chirurgie-Dentaire,

Spécialiste Qualifié en Orthopédie Dento-Faciale,

Professeur des Universités et Praticien hospitalier,

Chef de service en ODF à l'Hôpital de la Timone Marseille,

Responsable universitaire de l'Unité Fonctionnelle d'ODF à l'École de Médecine Dentaire de Marseille,

J'aimerais vous remercier pour toute la bienveillance avec laquelle vous vous occupez de vos internes, de votre considération pour chacun, que vous prenez presque pour vos enfants. L'ambiance au sein de l'équipe ne pourrait être meilleure, elle est stimulante, joviale, sérieuse et rassurante à la fois.

Vous savez nous montrer la voie en donnant toujours plus de votre temps et investissement dans la transmission. Vous m'avez fait aimer le travail et donné l'envie d'exercer ce métier toute ma carrière.

Sachez le profond respect et toute l'estime que j'ai pour vous.

À Monsieur le Docteur Jacques BOHAR,

Jury de thèse,

Docteur en Chirurgie-Dentaire,
Spécialiste Qualifié en Orthopédie Dento-Faciale,
Maître de Conférences des Universités,
Praticien Hospitalier à l'Hôpital de la Timone Marseille,

*Merci Monsieur pour ce que vous m'avez transmis, notamment grâce à votre avis souvent divergent, qui permet la réflexion et la remise en question. Je vous remercie aussi de nous avoir initié à une relation patient axée sur la bienveillance à travers l'hypnose entre autres qui m'a donné le gout de pousser un peu plus loin.
Sachez tout le respect que j'ai pour vous.*

À Madame le Docteur Camille PHILIP-ALLIEZ,

Jury de thèse,

Docteur en Chirurgie-Dentaire,

Spécialiste Qualifiée en Orthopédie Dento-Faciale,

Maître de Conférences des Universités,

Praticien Hospitalier à l'Hôpital de la Timone Marseille,

*Je vous remercie pour ce que vous nous avez appris depuis la première année.
Je vous remercie aussi pour votre optimisme constant, votre façon de trouver une solution à
tout et de tout relativiser. Grâce à cela vous m'avez transmis assurance et positivité.
Sachez la reconnaissance que j'ai pour vous.*

À Monsieur le Docteur Pierre VIEILLARD,

Directeur de thèse,

Docteur en Chirurgie-Dentaire,

Spécialiste Qualifié en Orthopédie Dento-Faciale,

Assistant hospitalier universitaire à l'École de Médecine Dentaire de Marseille et à l'Hôpital de la Timone Marseille,

Je vous remercie d'avoir accepté d'être mon directeur de thèse, et de m'avoir guidée et encouragée durant ces mois de travail.

Vous savez nous conseiller et stimuler la réflexion, bien souvent avec un œil différent de la plupart de nos autres enseignants.

Je suis reconnaissante aussi pour vos qualités humaines, les rires partagés, et les discussions profondes que nous avons pu avoir.

Sachez toute ma reconnaissance et mon amitié pour vous.

À Madame la Docteur Agnès BROS,

Jury de thèse,

Docteur en Chirurgie-Dentaire,

Spécialiste Qualifiée en Orthopédie Dento-Faciale,

Assistante hospitalière universitaire à l'École de Médecine Dentaire de Marseille et à l'Hôpital de la Timone Marseille,

*J'aimerais vous remercier pour tout ce que vous m'avez apporté.
Je suis reconnaissante d'avoir entamé mon internat avec vous pour un démarrage en douceur
sur les rails, et l'avoir poursuivi en clinique pour un approfondissement toujours stimulant et
d'excellente qualité.
En plus d'être un modèle en orthodontie, vous êtes d'un soutien personnel sans faille.
Sachez toute l'admiration et la gratitude que j'éprouve à votre égard.*

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
I. LA CLASSE II	1
A. Définitions	1
1. Classe II dentaire.....	1
1.1. La Classe II, 1.....	2
1.2. La Classe II, 2.....	2
2. La Classe II squelettique.....	3
B. Étiopathogénie	4
1. Étiologies primaires ou constitutionnelles.....	5
1.1. Classe II, 1.....	5
1.2. Classe II, 2.....	5
2. Étiologies secondaires ou fonctionnelles.....	6
2.1. D'origine dysfonctionnelle.....	6
2.1.1. La langue.....	6
2.1.2. Les lèvres.....	6
2.1.3. La ventilation.....	7
2.1.4. La mastication.....	7
2.1.5. La déglutition.....	7
2.2. Origine parafunctionnelle.....	8
2.3. Les verrous occlusaux.....	8
C. État des lieux sur la croissance mandibulaire	9
1. Théories sur l'ossification de la mandibule.....	9
1.1. La croissance primaire.....	9
1.2. La croissance secondaire.....	10
2. Théories sur la croissance.....	10
3. Croissance condylienne.....	13
4. Croissance mandibulaire extra-condylienne.....	14
4.1. Au niveau symphysaire.....	14
4.2. Au niveau ramal.....	14
4.3. Au niveau des procès alvéolaires.....	15
5. Direction de croissance.....	15
6. Prévion du potentiel de croissance.....	16
6.1. Selon Delaire.....	16
6.1.1. Critères de croissance condylienne normale :.....	17
6.1.2. Critères extra-condyliens de croissance mandibulaire normale :.....	18
6.2. Selon Tweed.....	19
6.3. Selon Boileau et Ben Malek.....	19
6.4. Facteurs de croissance.....	19
7. Pic de croissance.....	20
7.1. Interprétation de la croissance en fonction des stades vertébraux selon Baccetti.....	20
7.2. Rythme de croissance mandibulaire.....	21
8. Moment de traitement.....	22
9. Déverrouillage de croissance.....	24
II. LES ELASTIQUES DE CLASSE II	26
A. Généralités	26
B. Biomécanique des élastiques	26
1. Définition de la force.....	26
2. Ancrage biologique.....	27
3. Ancrage alvéolo-dentaire.....	29
4. Ancrage musculaire.....	31
5. Ancrage osseux.....	31
C. Effets alvéolo-dentaires des élastiques de Classe II sur arc continu	32
D. Indications et contre-indications des élastiques	33
1. Indications des élastiques en général.....	33
2. Contre-indications aux élastiques en général.....	34
3. Indications des élastiques de Classe II.....	34

4.	Contre-indications aux élastiques de Classe II	34
E.	<i>Mécaniques globales d'arcade dans la correction de la Classe II</i>	35
1.	Effet tiroir	35
2.	Mécaniques globales d'arcade chez l'hyperdivergent	36
F.	<i>Force idéale</i>	37
1.	Remaniement tissulaire thérapeutique et phénomène de hyalinisation.....	38
1.1.	Effets immédiats de l'application d'une force	38
1.2.	Effets à court et moyen termes	38
2.	Résistance biologique.....	40
3.	Force idéale pour les effets alvéolo-dentaires	41
4.	Friction	44
G.	<i>Choix de l'élastique</i>	44
H.	<i>Forces réelles et forces annoncées par le fabricant</i>	47
I.	<i>Dégradation</i>	48
J.	<i>Élastiques sans latex</i>	49
III.	APPLICATIONS CLINIQUES	51
A.	<i>Effets alvéolaires ou squelettiques</i>	51
B.	<i>Contrôle de l'incisive mandibulaire</i>	52
1.	Risque de vestibulo-version de l'incisive mandibulaire.....	52
1.1.	Risque parodontal	52
1.2.	Risque de récurrence.....	53
1.3.	Risque occlusal	54
2.	Maîtrise du risque de vestibulo-version de l'incisive mandibulaire	55
2.1.	Torque corono-lingual incisif	55
2.2.	Préparation d'ancrage	56
2.2.1.	Méthode de Tweed-Merrifield	56
2.2.2.	Méthode bioprogressive de Ricketts.....	57
2.3.	Ancrage osseux	58
2.3.1.	Ancrage par mini-vis durant la préparation d'ancrage de Tweed-Merrifield	58
2.3.2.	Contrôle des effets parasites des élastiques de Classe II par l'utilisation des mini-vis.....	59
C.	<i>Moment d'utilisation des élastiques de Classe II</i>	60
D.	<i>Élastiques sur ancrages osseux</i>	63
E.	<i>Stabilité de la correction de Classe II</i>	65
1.	Critères fonctionnels	65
2.	Critères occlusaux	65
3.	Critères radiologiques	66
4.	Contention	66
IV.	RISQUES ASSOCIÉS AUX ELASTIQUES DE CLASSE II	68
A.	<i>Conséquences sur les ATM</i>	68
1.	Lien entre apparition de DTM et orthodontie.....	68
2.	Conduite à tenir avec les patients à DTM.....	69
2.1.	Chez les patients présentant déjà des DTM avérées avant le traitement	69
2.2.	Chez les patients présentant des DTM pendant le traitement	69
B.	<i>Risques de résorptions radiculaires</i>	70
1.	Les résorptions radiculaires dans les traitements de Classe II	71
2.	Les résorptions radiculaires liées aux élastiques de Classe II	71
3.	Les résorptions radiculaires dans les traitements en une ou deux phases	72
C.	<i>Douleurs liées au port d'élastiques de Classe II</i>	72
	CONCLUSION	75
	TABLE DES ILLUSTRATIONS	A
	BIBLIOGRAPHIE	I
	SERMENT MEDICAL	

INTRODUCTION

La Classe II, ou distocclusion mandibulaire, est la dysmorphose dento-squelettique la plus retrouvée parmi la population orthodontique européenne, atteignant une prévalence de 30 à 40% selon McNamara⁹³.

Depuis l'avènement de l'orthodontie, de nombreux dispositifs différents permettant la correction de la Classe II ont vu le jour. Les élastiques inter-arcades, utilisés depuis 1893 par Henry Baker demeurent les plus anciens mais toujours les plus utilisés dans les cabinets d'orthodontie. Leur emploi est simple, peu coûteux et reproductible, ce qui fait d'eux un outil incontournable.

D'abord utilisés de manière empirique, la littérature n'a cessé de mettre en lumière leurs différentes utilisations, leurs intérêts, leurs inconvénients, et leurs risques.

Ils servent même de comparaison dans la plupart des études visant à démontrer les effets de nouveaux dispositifs de correction de la Classe II.

Dans cette revue de littérature nous allons reprendre les définitions de la Classe II dentaire et squelettique, ainsi que les bases de la croissance mandibulaire et les moments optimaux de traitement. Dans un second temps nous verrons comment utiliser les élastiques de Classe II d'un point de vue théorique, leurs indications, les précautions à prendre. Ensuite leur application clinique, les problèmes que nous pouvons rencontrer et comment les contourner. Pour conclure nous discuterons des principaux risques pour le patient, liés à l'emploi des élastiques.

I. La Classe II

A. Définitions

La Classe II est une dysmorphie de la dimension antéro-postérieure qui peut être alvéolo-dentaire et/ou squelettique. Initialement décrite par Angle, elle se caractérise par une position plus distale de l'arcade mandibulaire par rapport à l'arcade maxillaire.⁸



Figure 1 : Classe I et Classe II dentaire selon Angle⁷⁶

1. Classe II dentaire

Selon Angle⁸, elle est définie par une disto-position de la première molaire mandibulaire avec son homologue maxillaire. Il différencie deux divisions de Classe II à partir de l'inclinaison vestibulo-linguale des incisives maxillaires :

- les Classes II division 1 lorsque celles-ci sont vestibulo-versées ;
- les Classes II division 2 lorsque celles-ci sont palato-versées.

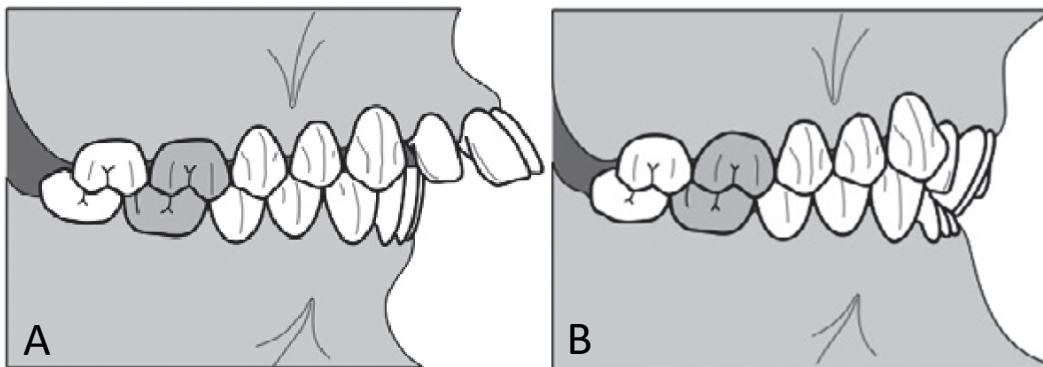


Figure 2 : Illustration d'une Classe II, 1 (en A) et Classe II, 2 (en B)⁸⁷

Ainsi qu'une subdivision pour chacune lorsque la malocclusion de Classe II, 1 ou 2 ne concerne qu'un seul côté de l'arcade, l'autre étant en Classe I.

Malgré de nombreuses formes cliniques existantes, il se dégage un modèle caractéristique pour chacune de ces deux dysmorphies alvéolo-dentaires.

1.1. La Classe II, 1

L'arcade maxillaire est allongée et étroite, on retrouve une insuffisance transversale maxillaire relative à la classe II. Les incisives maxillaires sont vestibulo-versées et/ou en position trop mésiale, ce qui crée un surplomb augmenté avec possible rupture de contact antérieur.

L'arcade mandibulaire est le plus souvent harmonieuse mais de petite dimension. Il peut survenir une égression du bloc antérieur mandibulaire par absence de contact.

Toute l'arcade mandibulaire est en occlusion trop distale par rapport à l'arcade maxillaire d'au moins une demi-cuspide.⁸

La Classe II, 1 subdivision :

Les caractéristiques sont les mêmes, mais ne concernent qu'un seul côté. Les points inter-incisifs s'en trouvent non concordants.

1.2. La Classe II, 2

La forme d'arcade est plus proche de la norme, plutôt de forme carrée.

Le secteur antérieur maxillaire est palato-versé et pseudo-égressé à cause de la forte tonicité de la sangle orbiculo-buccinatrice. Le surplomb s'en retrouve diminué.⁵⁴

En 1974 Darqué décrit deux entités cliniques : la Classe II, 2 primitive et secondaire.

- La Classe II, 2 primitive : la génétique et l'hérédité interviennent sur le développement du schéma squelettique, musculaire et dentaire. Les signes remarquables sont un faible décalage squelettique antéro-postérieur, une hypodivergence et une croissance à rotation antérieure²² ;
- La Classe II, 2 acquise ou secondaire : dite dysfonctionnelle. Les troubles fonctionnels et le développement anormal de l'environnement musculaire sont à l'origine de son apparition. La lèvre tonique appuyant sur les incisives, associé à la pression de la langue au niveau apical provoque leur linguo-version. L'interposition linguale latérale à la déglutition et phonation provoque une infra-alvéolie molaire. Enfin, les muscles compresseurs d'arcade hypertoniques retiennent la croissance mandibulaire.²¹

La Classe II,2 subdivision :

À nouveau, cette situation ressemble beaucoup à la division mère, mais l'unilatéralité de la malocclusion entraîne le plus souvent un encombrement antérieur maxillaire.

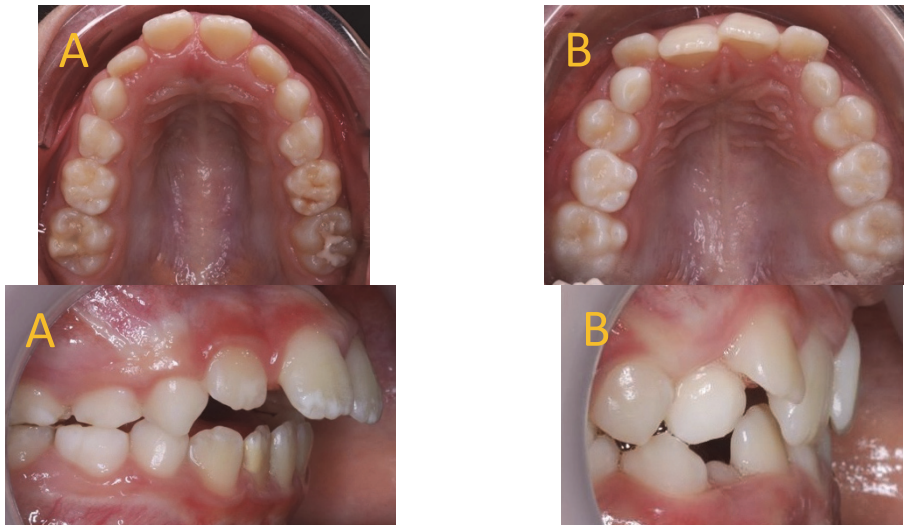


Figure 3 : Photos patientes en Classe II,1 (A) et Classe II,2 (B) (collection personnelle)

2. La Classe II squelettique

Ballard apporte une dimension supplémentaire à la classification d'Angle, la dysmorphose antéro-postérieure n'est plus seulement alvéolo-dentaire mais peut concerner les bases osseuses du maxillaire et de la mandibule.¹⁴

Le diagnostic est céphalométrique grâce à l'analyse de la téléradiographie de profil. L'angle ANB est supérieur à $4,5^\circ$.

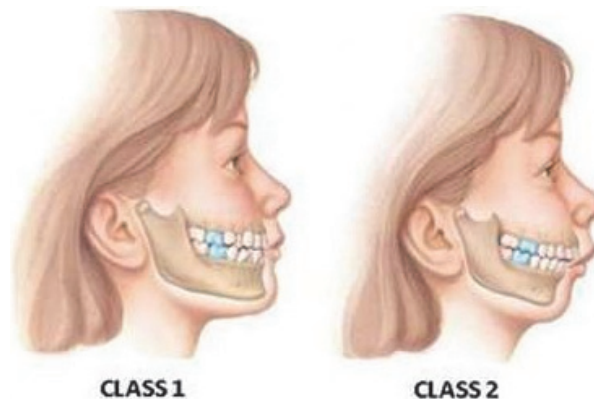


Figure 4 : Illustration de profils de Classe I ou Classe II squelettique⁷

La Classe II squelettique peut être d'origine maxillaire, mandibulaire ou mixte.

On parlera de rétromandibulie quand la mandibule a une position trop distale par rapport au maxillaire ou si elle présente un défaut de longueur.

On parlera de promaxillie quand le maxillaire est en position trop antérieure ou de longueur trop importante.

La mesure de l'ANB est souvent confrontée à l'étude de la distance AoBo qui sépare les points A et B par projection orthogonale sur le plan d'occlusion. Une mesure supérieure à 2mm confirme le diagnostic de Classe II squelettique. Cette mesure permet de s'abroger des valeurs d'ANB faussées par la position du Nasion sur une base crânienne trop longue ou trop courte, ou par l'orientation du plan d'occlusion. C'est l'étude de l'indice de « Wits » de Jacobson⁶⁷.

Les formes cliniques de Classe II dentaire sont variées, mais sont le plus souvent associées à une Classe II squelettique, généralement une rétrognathie mandibulaire.²¹

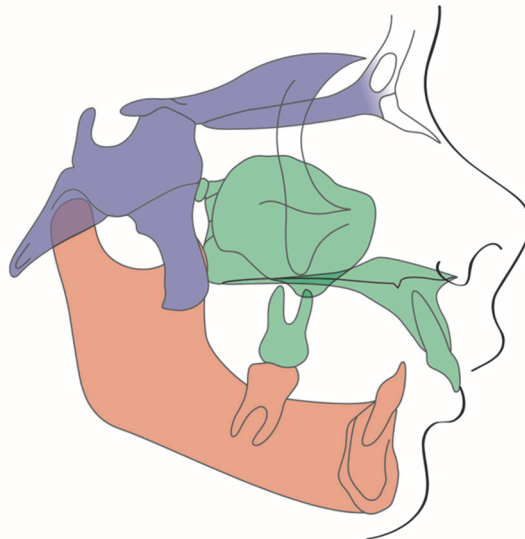


Figure 5 : Représentation chez un sujet en Classe II, 1 des relations anatomiques entre la base du crâne, le maxillaire et la mandibule ²¹

B. Étiopathogénie

De nombreux auteurs ont prouvé l'implication de l'environnement et de la fonction dans la croissance maxillo-faciale.⁹⁸

À la naissance, le nouveau-né présente une rétrognathie mandibulaire marquée (décalage de Schwartz). Les fonctions oro-faciales permettent de stimuler la croissance mandibulaire afin de rattraper le décalage et obtenir une Classe I squelettique.

Cependant chez certains patients, cette croissance ne se fait pas suffisamment, principalement lorsque la direction n'est pas favorable (croissance trop verticale), de potentiel insuffisant ou alors verrouillée, ou bien à cause de l'environnement fonctionnel.

Les étiologies de Classe II sont aussi diverses que les formes cliniques de ce syndrome. Delaire propose de les classer en étiologie primaire (constitutionnelle), secondaire (fonctionnelle) ou mixte (prédisposition primaire avec aggravation secondaire).³⁹ Les étiologies primaires seront de pronostic défavorable.

1. Étiologies primaires ou constitutionnelles

1.1. Classe II, 1

Le caractère génétique de la Classe II, 1 a été étudié depuis des décennies. Nakasima¹ décrivait en 1982 le lien de corrélation entre des patients en Classe II et leurs parents. Selon lui, le cadre squelettique a une forte origine génétique.

Lundström¹²⁶ rapporte une concordance de Classe II chez 68% les jumeaux monozygotes, contre seulement 24% chez les jumeaux dizygotes. Ceci indique que malgré un code génétique identique, la Classe II ne se développe pas obligatoirement. Par ailleurs, des études⁵⁹ sur des groupes ethniques isolés ont révélé qu'on ne retrouvait pas de Classe II au sein du peuple des Aleutes. Chez les Africains du Sud, on n'en retrouve seulement 2,7%.

1.2. Classe II, 2

Le caractère héréditaire de la Classe II se retrouve principalement dans la Classe II division 2 primitive. La symphyse, la position des germes dentaires, le tonus musculaire important et le schéma hypodivergent sont les facteurs génétiques à l'origine de ce syndrome.²¹

Pour Brezniak²⁶, le tableau clinique de la Classe II,2 héréditaire se situe entre la Classe I et la Classe II, 1. Il se traduit par une croissance verticale importante du ramus qui entraîne une forte rotation antérieure de la mandibule, créant un schéma hypodivergent. Dans la dimension antéro-postérieure, la mandibule est presque normale avec un fort développement antérieur du Pogonion. La symphyse est volumineuse et le menton marqué.



Figure 6 : Photo de profil d'une Classe II, 2 (collection personnelle)

2. Étologies secondaires ou fonctionnelles

2.1. D'origine dysfonctionnelle

La forme et la fonction sont étroitement liées. En effet, la fonction participe à l'édification du système dento-facial. Des dysfonctions de la sphère oro-faciale vont donc entraîner une adaptation au niveau squelettique et dento-alvéolaire : c'est ce qu'on appelle la cascade dysmorpho-dysfonctionnelle³⁹, qui est à l'origine de la plupart des Classes II, 1 et II, 2 acquises.

2.1.1. La langue

- Par son absence ou son volume trop faible : mandibule courte ;⁸⁰
- Par sa position haute et antérieure : favorise la croissance maxillaire donc la Classe II, 1 ;
- Par sa position haute et postérieure, en crosse : favorise la Classe II, 2 par défaut d'équilibre avec les forces labio-jugales excessives.⁵⁴

2.1.2. Les lèvres

- Des lèvres hypotoniques, courtes ou incompetentes : entraînent des Classes II, 1 ou des pro-alvéolies car elles n'équilibrent pas la force de la pulsion linguale ;⁸⁰
- Une lèvre inférieure hypertonique ou interposée derrière les incisives maxillaires : provoque une Classe II par rétrognathie mandibulaire avec surplomb incisif important ;
- Des lèvres hypertoniques associées à une position haute du stomion et de la langue en crosse : favorables à la Classe II, 2 avec palato-version des incisives maxillaires.⁵⁴

2.1.3. La ventilation

La ventilation orale est une des grandes étiologies de la Classe II. Cependant, elle peut se traduire par des expressions cliniques très variées et provoquer des Classes II comme des Classes III, et des hyperdivergents comme des hypodivergents selon l'influence des autres facteurs et les compensations de chaque patient. ²¹

- La posture céphalique est en extension pour faciliter le passage de l'air : l'angle de la base du crâne s'ouvre et la mandibule grandit en rotation postérieure favorisant l'hyperdivergence et donc l'aggravation de la Classe II ;
- La langue est en position basse : elle ne permet pas la croissance transversale du maxillaire qui verrouille la mandibule dans la dimension antéro-postérieure ;
- L'air ne circulant pas dans les fosses nasales et la langue ne stimulant pas le palais : l'élargissement des fosses nasales et la pneumatisation des sinus ne se fait pas correctement.

2.1.4. La mastication

- La mastication d'aliments mous : le système alvéolo-dentaire n'est pas stimulé et les cycles masticatoires sont verticaux sans participation de mouvements latéraux. La croissance transversale du maxillaire et le système musculaire mandibulaire ne sont pas stimulés, verrouillant la mandibule en antéro-postérieur ; ²¹
- Le manque de mouvements propulsifs dans la latéro-diduction chez les patients en Classe II,1 : manque de stimulation sagittale des condyles ;
- La « mastication-succion » chez le patient en Classe II, 2 : entretient l'endo-alvéolie maxillaire et la rétro-alvéolie bimaxillaire.

2.1.5. La déglutition

- Une déglutition primaire ou infantile avec pulsion et interposition linguales : à l'origine d'un développement antérieur maxillaire excessif et d'une endo-alvéolie maxillaire ;
- L'hyperactivité des muscles orbiculaires inférieurs, mentonniers et triangulaires des lèvres à la déglutition : peuvent bloquer la mandibule en position rétruse.

2.2. Origine parafonctionnelle

Leur impact sur le développement dépend de leur durée dans le temps, leur fréquence et leur intensité.²¹

- Les habitudes de succion non nutritives : provoquent un excès de développement du prémaxillaire avec une pro-alvéolie incisive, un défaut transversal maxillaire, une bascule du plan palatin vers l'avant et un freinage de la croissance mandibulaire ;
- L'interposition linguale ou labiale entretient ces conséquences.

Une collaboration avec les orthophonistes, ORL, kinésithérapeutes et allergologues peut être nécessaire à la levée des obstacles fonctionnels.

2.3. Les verrous occlusaux

Certaines malpositions dentaires peuvent bloquer la mandibule en position distale. Ainsi, les supraclusions, verrous canins en denture temporaire, mésio-rotations de la première molaire maxillaire, endognathies ou endo-alvéolies maxillaires, égressions ou palato-versions des incisives maxillaires, égressions ou vestibulo-versions des incisives mandibulaires doivent être le plus rapidement corrigés.²¹

En effet, selon Kolf⁸⁰, il ne peut y avoir d'avancée mandibulaire stable sans ajustement occlusal physiologique. De même, par un traitement interceptif permettant de lever des verrous comme la supraclusion ou l'endo-alvéolie maxillaires, la mandibule peut se repositionner antérieurement spontanément. Cette observation découle de la loi de la dimension verticale minimale de Planas¹¹⁵. Le patient choisira toujours l'occlusion à la plus faible dimension verticale (DV), or s'il existe une insuffisance transversale maxillaire, la propulsion mandibulaire pour se positionner en Classe I va révéler une non-coïncidence des diamètres transversaux et une occlusion en cuspide-cuspide qui augmente la DV. Il en va de même pour la supraclusion incisive, le patient sera gêné en propulsion par la face palatine des incisives maxillaires qui l'obligera à abaisser la mandibule.

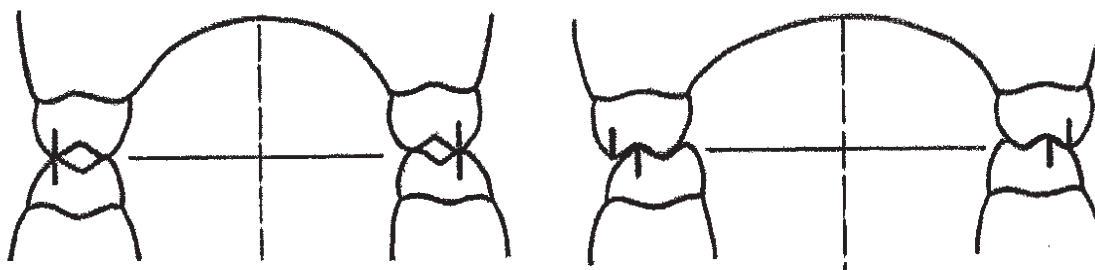


Figure 7 : illustration de l'augmentation de la dimension verticale induite par une insuffisance transversale maxillaire en comparaison avec une dimension transversale normale⁸⁹

C. État des lieux sur la croissance mandibulaire

Les effets de la croissance crâniofaciale sur le traitement, et inversement, du traitement sur la croissance, sont très complexes à estimer du fait de l'aspect multifactoriel des mécanismes de croissance.

Afin d'optimiser les résultats du traitement, il est indispensable d'estimer la probabilité de croissance individuelle de chaque patient. Pour ce faire il faut anticiper le potentiel et la direction de croissance de chacun.

Antonio Patti¹¹⁰ énonce que le développement du squelette crâniofacial est sous l'influence des forces expansives tissulaires crâniofaciales mais aussi des contraintes exercées par les muscles sur le squelette. Les forces exercent une telle influence sur la forme que les dysmorphies crâniofaciales sont forcément accompagnées de dysfonctions.

Il faudra impérativement corriger ces dysfonctions au risque de s'exposer à une récurrence à plus ou moins long terme.

1. Théories sur l'ossification de la mandibule

La formation mandibulaire s'opère par plusieurs phénomènes d'ossification primaire et secondaire.³⁷

1.1. La croissance primaire

La croissance primaire est suturale, elle se manifeste de trois façons dans l'organisme : membraneuse, enchondrale, ou mixte.

La croissance primaire mandibulaire est mixte, à la fois enchondrale et membraneuse. Elle est très dépendante de la génétique, de la dynamique crânienne, des systèmes neuro-musculaires, alvéolo-dentaires et des fonctions.

L'ossification enchondrale provient d'une maquette cartilagineuse appelée cartilage de Meckel. Celui-ci sert de tuteur et est moteur de l'ossification et de la croissance mandibulaires. Durant la vie intra-utérine, deux noyaux cartilagineux se forment, un au niveau coronoïdien et un au niveau symphysaire. Leur période de croissance sera de courte durée car ils s'ossifient à 8 mois pour le premier et 1 an pour le second.

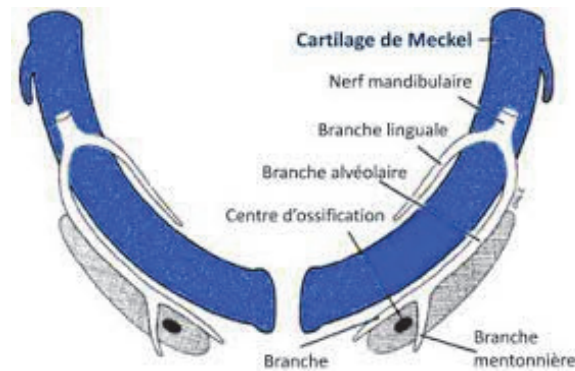


Figure 8 : Cartilage de Meckel, tuteur de la croissance mandibulaire¹⁰⁹

Hormis les deux sites enchondraux, le reste de la croissance mandibulaire est membraneuse. L'ossification membraneuse provient de sites d'ossification qui s'étendent en flaque d'huile et se rapprochent par un potentiel de croissance autonome, et qui sont liés entre eux par des sutures. La spécificité de cette ossification est qu'elle est très dépendante des conditions environnementales, dynamiques et particulièrement musculaires.

1.2. La croissance secondaire

L'ossification secondaire donne lieu à une croissance remodelante par phénomènes d'apposition et résorption en maintenant la forme générale de la pièce osseuse. Elle se produit par ajustement progressif, principalement soumise à l'environnement.²¹

2. Théories sur la croissance

La théorie de croissance remodelante du V d'Enlow⁴⁸ se traduit par une apposition osseuse sur les surfaces osseuses en regard de la zone de croissance, et par une résorption sur les zones controlatérales. Elle se produit sous l'influence de l'environnement notamment les pressions musculaires faciales et masticatrices.

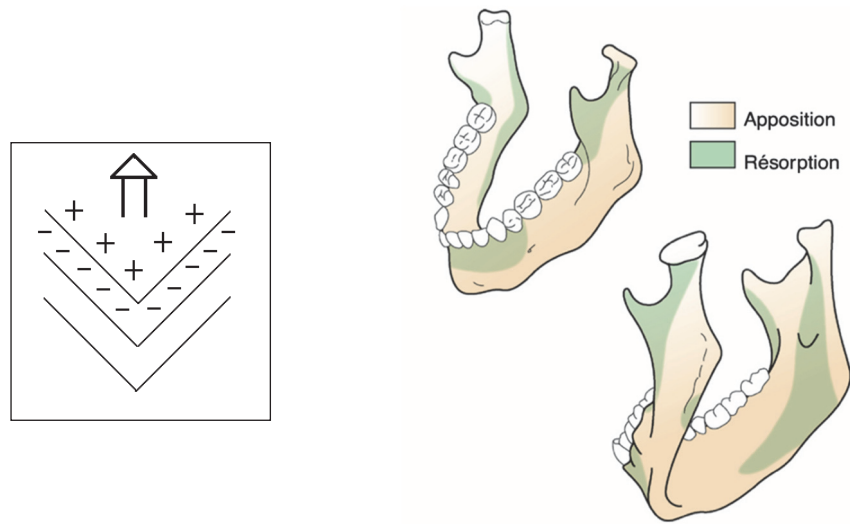


Figure 9 : Représentation du schéma de croissance du V d'Enlow et des zones de d'apposition/résorption mandibulaires ²¹

Selon Petrovic¹¹⁰ la croissance mandibulaire se fait selon deux procédés :

- Une contribution périostée par phénomène d'apposition. Ce procédé est long et stable, soumis aux forces musculaires et aux facteurs généraux. C'est le moyen d'ossification dominant à la mandibule ;
- Une contribution cartilagineuse (condyle, coroné et angle mandibulaire) qui fait partie des boucles de régulation locales de croissance. Elle permet les ajustements fins de croissance mandibulaire à l'environnement, principalement sous le contrôle du muscle ptérygoidien latéral.

Dans la théorie des matrices fonctionnelles de Moss³, ce sont les matrices fonctionnelles qui sont initiatrices de la croissance osseuse. La régulation de la croissance se fait par interrelation de phénomènes intrinsèques (génomiques) et extrinsèques (les fonctions). Les informations génétiques donnent des consignes qui s'expriment ou non en fonction de l'environnement. Selon sa théorie, la mandibule est une unité macro-squelettique divisée en six unités micro-squelettiques : le condyle, le coroné, l'angle mandibulaire, la zone alvéolaire, la symphyse et la zone basale.

Concernant la zone alvéolaire, celle-ci est modelée par le système dentaire en éruption et en fonction. Ainsi, par son influence sur la croissance des procès alvéolaires, le traitement orthopédique influe indirectement sur la croissance squelettique mandibulaire.

Pour Delaire³, la mandibule grandit principalement par la zone autour du ligament sphéno-mandibulaire qui lie l'épine du sphénoïde à l'épine de Spix. L'avancée de la mandibule stimule la croissance postérieure de la tubérosité mandibulaire par la mise en tension du ligament.

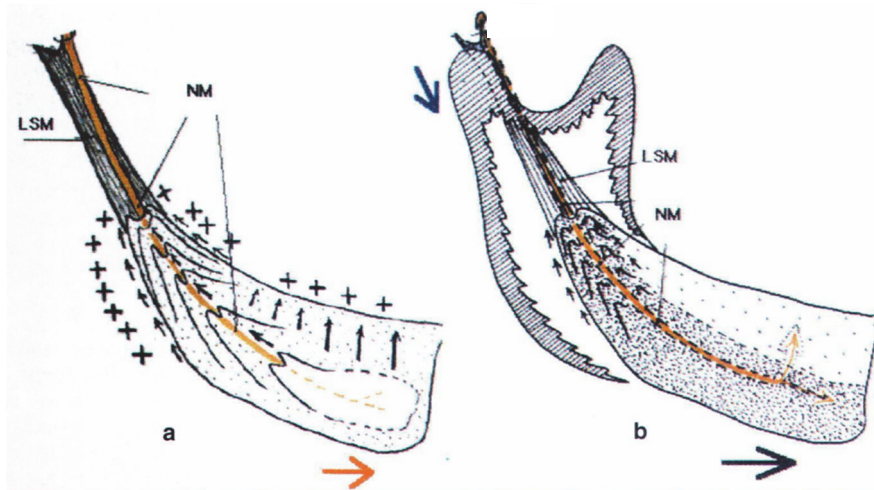


Figure 10 : Représentation schématique de la croissance mandibulaire : a : mise sous tension du ligament sphéno-mandibulaire par propulsion mandibulaire provoquant une croissance vers le haut et l'arrière par apposition périostée. b : les poussées de croissance du cartilage condylien font grandir la mandibule, mais la poussée de la langue contribue aussi à la croissance du corps mandibulaire⁸⁴

LSM = ligament sphéno-mandibulaire, NM = nerf mandibulaire

Il sépare la croissance du corpus et du ramus mandibulaire. Certaines mandibules sont courtes par manque de séparation antéro-postérieure entre le corpus et le ramus. Ceci entraîne une préférence de développement transversal plutôt qu'antéro-postérieur du corps mandibulaire. La longueur mandibulaire totale peut être la même avec des répercussions transversales opposées.

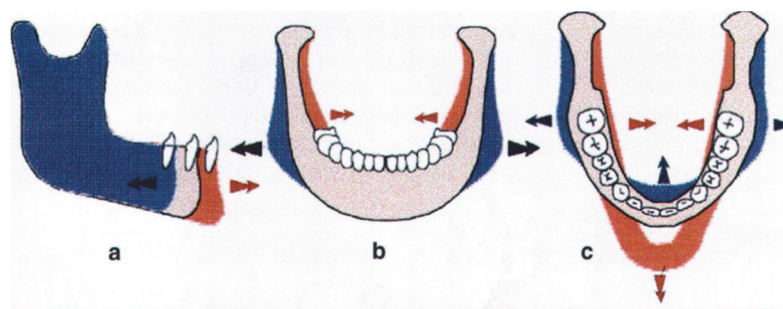


Figure 11 : Variations sagittales mandibulaires selon le développement des angles mandibulaires dans la dimension transversale.⁸⁴

La croissance harmonieuse de la mandibule est donc dépendante de ses branches verticales et horizontales et de son bon positionnement par rapport au squelette crâniofacial, eux-mêmes dépendants de l'influence des fonctions.

3. Croissance condylienne

Le cartilage condylien est un cartilage particulier, à la fois cartilage articulaire et cartilage de croissance adaptative, c'est à dire pouvant répondre aux stimulations fonctionnelles de l'environnement. Il accepte la pression et permet la croissance du ramus en haut et en arrière.

Petrovic¹¹⁰ affirme que les forces orthopédiques au niveau du cartilage condylien, contrairement aux os longs, peuvent modifier la direction et la quantité de croissance. Cela est dû à la structure histologique particulière du cartilage condylien. Il met en évidence que cette croissance condylienne se produit par à-coups avec des pics en avril et octobre.² De manière générale, le condyle croît selon la théorie du V d'Enlow par apposition-résorption en haut et en arrière.

La croissance du condyle est adaptative et secondaire à trois facteurs :

- Principalement à l'action du muscle ptérygoïdien latéral par son action sur le ménisque. Quand la tension contractile du muscle augmente, la croissance condylienne s'accélère ;
- La langue, par l'intermédiaire du muscle ptérygoïdien latéral influe également sur la croissance condylienne, une langue volumineuse entraînera une augmentation de l'activité du ptérygoïdien externe et donc une antéposition mandibulaire ;
- L'occlusion : lors de la croissance sagittale du massif facial, le maxillaire est déplacé vers l'avant, ainsi l'occlusion est perturbée créant un « signal d'erreur » et le ptérygoïdien latéral, d'avantage sollicité, associé à la propulsion mandibulaire incitent la croissance adaptative du condyle mandibulaire afin de retrouver une occlusion optimale ou sub-optimale.²

4. Croissance mandibulaire extra-condylienne

Au début de sa formation, la mandibule grandit dans toutes les directions à partir du trou mentonnier, par la suite, la direction de croissance sera modelée par l'influence de l'environnement (muscles, paquet vasculo-nerveux) et des fonctions.²

4.1. Au niveau symphysaire

La symphyse médiane mandibulaire permet l'élargissement transversal et l'adaptation à la variation du volume lingual, jusqu'à l'âge d'un an où elle cesse d'être active et s'ossifie.

Dans son épaisseur, sa croissance dure jusqu'à la fin de la croissance générale et se présente sous forme d'une apposition sur le bord antéro-inférieur ainsi qu'une résorption au-dessus du point B.



Figure 12 : Remodelage symphysaire selon Enlow⁴⁸

4.2. Au niveau ramal

Le ramus croît par phénomènes d'apposition-résorption :

- Face latérale : apposition périostée ;
- Face interne : apposition vers le bas jusqu'à l'angle goniale ;
- Bord antéro-inférieur : résorption périostée ;
- Bord postéro-inférieur : apposition périostée.

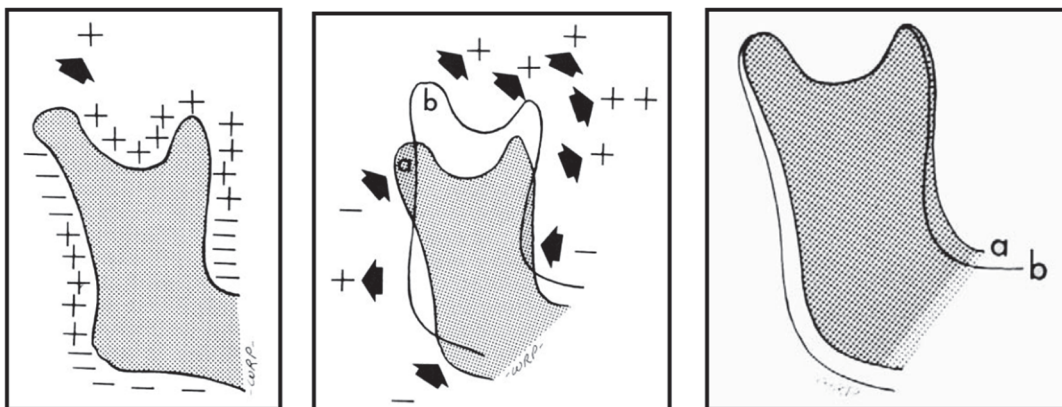


Figure 13 : Zones d'apposition et résorption au niveau ramal selon Enlow⁴⁸

Les structures articulaires vont s'éloigner au cours de la croissance par le phénomène du V d'Enlow.

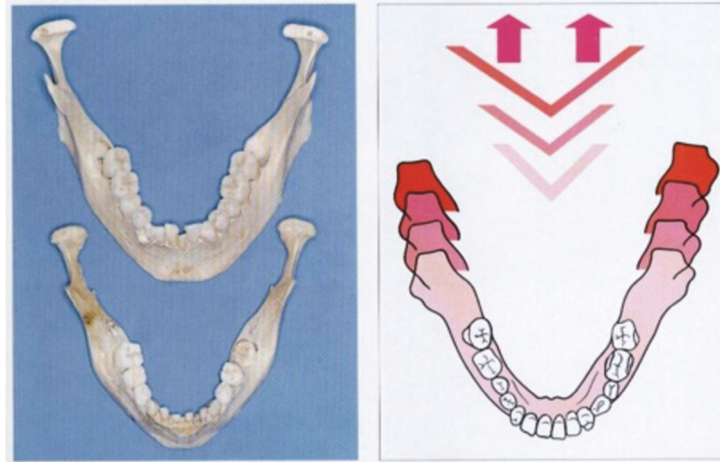


Figure 14 : Éloignement des structures articulaires mandibulaires au cours de la croissance selon le V d'Enlow¹¹⁴

4.3. Au niveau des procès alvéolaires

L'os alvéolaire est un os membraneux qui va subir l'influence des pressions.

Il joue principalement un rôle de rattrapage des décalages des bases osseuses dans la dimension sagittale par compensation. Dans la dimension verticale, les procès alvéolaires créent aussi des compensations. D'après O'Meyer « la croissance verticale des procès alvéolaires au maxillaire est deux fois plus importante au niveau postérieur qu'au niveau antérieur. À la mandibule, le phénomène inverse s'observe ».

L'éruption dentaire et le mouvement des dents influent aussi sur le développement de l'os alvéolaire.

Pour synthétiser, la croissance antéro-postérieure de la mandibule résulte principalement :

- Du remodelage au niveau de la branche montante : apposition osseuse plus importante le long du bord postérieur et résorption du bord antérieur ;
- Du remodelage symphysaire : augmentation de la saillie mentonnière ;
- De l'allongement du condyle.

5. Direction de croissance

Les travaux de Björk ont permis d'observer que la mandibule effectue une rotation pendant sa croissance qui peut être antérieure ou postérieure, celle-ci dépend de la direction de croissance du condyle.²⁰

Pour Björk :

- La direction de croissance condylienne ne s'effectue pas selon la direction de la branche montante, mais légèrement plus en avant ;
- La direction de croissance du condyle est curviligne : elle décrit une légère courbe en haut et en avant dans la rotation antérieure et en arrière dans la rotation postérieure.

Il a décrit des signes structuraux qui permettent de classer le patient selon son type rotationnel et donc de donner un pronostic de croissance grâce à la téléradiographie de profil.

	Rotation Antérieure	Rotation Postérieure
1 - Forme et direction de croissance du condyle	- trapu - dirigé en avant	- allongé et grêle - dirigé en arrière
2 - Canal dentaire inférieur	- courbe	- rectiligne
3 - Angle mandibulaire	- fermé	- ouvert
4 - Échancrure pré-angulaire	- bord mandibulaire inférieur en rocking-chair	- présence d'une échancrure
5 - Angle de l'incisive < avec le bord basilaire	- ouvert	- fermé
6 - Symphyse mentonnière, corticale osseuse	- épaisse en bulbe d'oignon - épaisse	- fine en goutte d'eau - mince
7 - Angle postérieur entre l'axe des 6	- > 180°	- < 180°
8 - Hauteur de l'étage inférieur	- diminuée	- augmentée

Figure 15 : Tableau des signes structuraux de rotation de Björk (composition personnelle)

6. Prédiction du potentiel de croissance

Afin de réaliser un traitement le plus adapté au patient en Classe II il faut déterminer le potentiel de croissance de sa mandibule.

Pour ce faire, plusieurs auteurs ont donné des signes radiologiques facilement repérables. Il faudra également tenir compte des signes de rotation de Björk cités au paragraphe précédent.

6.1. Selon Delaire

Delaire évalue le potentiel de croissance auxologique ou potentiel de croissance mandibulaire³⁰ :

- Par comparaison sur la téléradiographie de profil de la surface occupée par le ramus rapportée à la surface optimale qu'il devrait occuper d'après son analyse architecturale crâniofaciale de profil ;
- Par l'observation de certains critères morphologiques de la mandibule et notamment du condyle, prédictifs de la croissance mandibulaire :

6.1.1. Critères de croissance condylienne normale :

- Tête du condyle de forme bien arrondie et de bonnes dimensions ;
- Longueur de l'apophyse condylienne égale à celle du coroné, de leur sommet à l'épine de Spix ;
- Largeur convenable du col condylien ;
- Axe condylien sur la ligne « sommet du condyle-encoche pré-angulaire ».

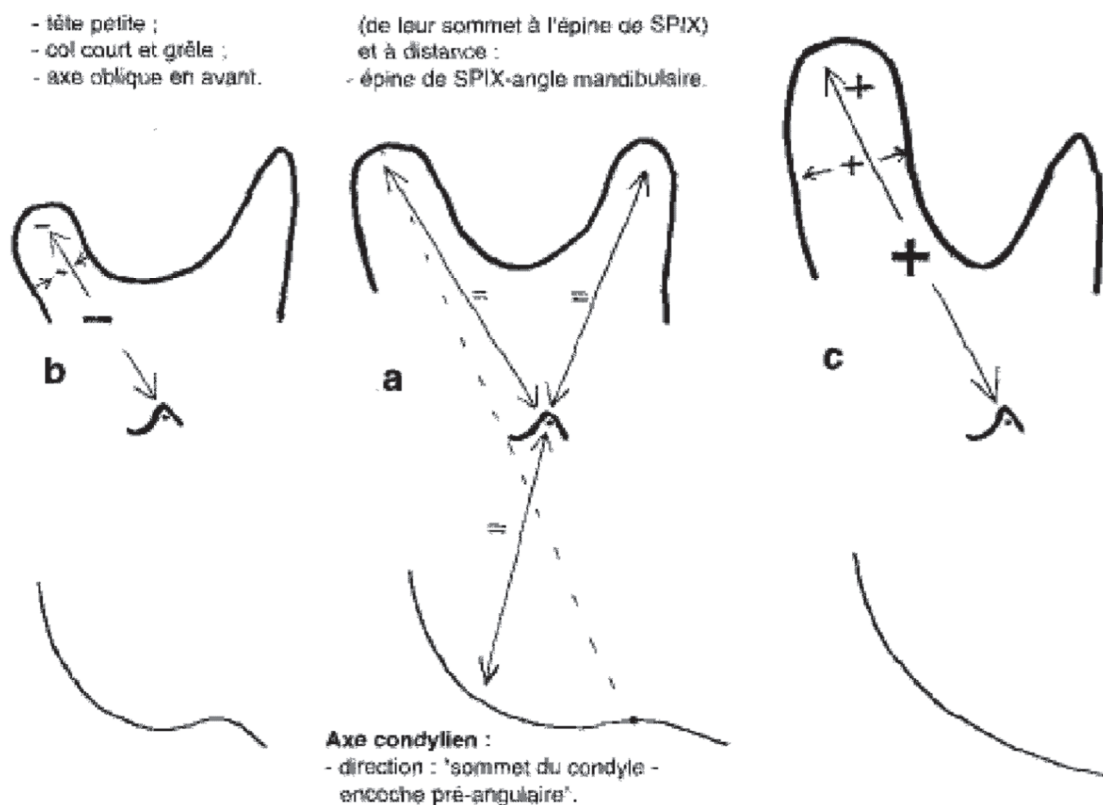


Figure 16 : Critères condyliens d'évaluation du potentiel de croissance mandibulaire a = croissance condylienne normale, b = croissance condylienne diminuée, c = croissance condylienne augmentée³⁸

6.1.2. Critères extra-condyliens de croissance mandibulaire normale :

- Échancrure sigmoïde normalement ouverte ;
- Coroné de même longueur que le condyle mandibulaire ; sommet de l'apophyse coronoïde situé en regard de l'arcade zygomato-malaire ;
- Bonne largeur et hauteur du ramus avec bonne courbure de ses bords antérieur et postérieur ;
- Angle mandibulaire bien arrondi, moyennement ouvert, avec encoche pré-angulaire nette mais peu profonde ;
- Entrée du canal dentaire et épine de Spix situées au milieu du ramus ;
- Longueur du ramus et du corpus mandibulaire sensiblement égales ;
- Bord basilaire (de l'encoche pré-angulaire au menton) légèrement convexe ;
- Symphyse mandibulaire convenablement arrondie, pas trop haute ;
- Canal mandibulaire moyennement arciforme, convenablement distant des apex des dents et du bord basilaire.

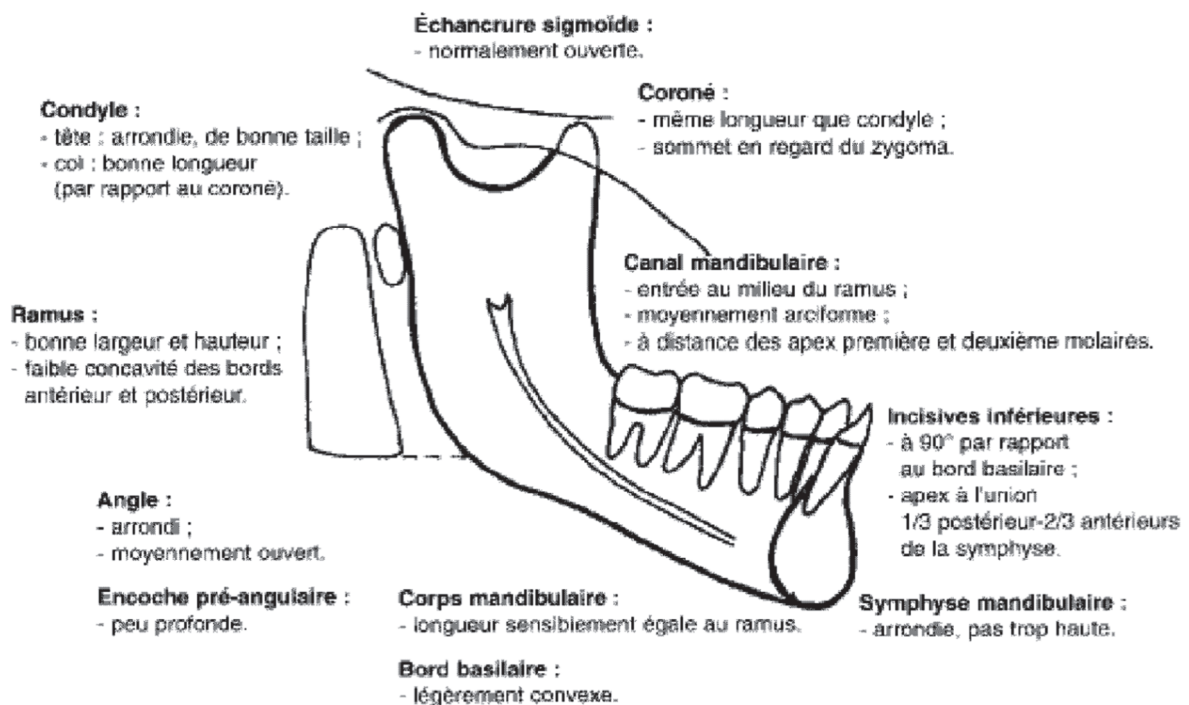


Figure 17 : Mandibule de croissance normale selon les critères extra-condyliens de Delaire³⁸

6.2. Selon Tweed

Tweed a défini la notion de type de croissance en comparant l'évolution de l'angle ANB entre deux clichés téléradiographiques pris à un an d'intervalle¹²⁹. Il part du postulat que la direction de croissance future restera semblable à celle observée entre ces deux clichés téléradiographiques. Il détermine ainsi trois types de croissance :

- Type A : L'angle ANB reste constant, les croissances maxillaire et mandibulaire sont comparables. Représente 25% des cas ;
- Type B : L'angle ANB augmente en raison d'une croissance antérieure du maxillaire supérieure à celle de la mandibule provoquant une aggravation des Classes II. Représente 15% des cas ;
- Type C : L'angle ANB diminue en raison d'une croissance vers l'avant de la mandibule supérieure à celle du maxillaire ce qui est favorable à une correction des Classes II. Représente 60% des cas.

6.3. Selon Boileau et Ben Malek

Ces auteurs de l'hôpital de Bordeaux, ont réalisé en 2008 une étude longitudinale¹⁸ sur des patients non traités afin de rechercher les caractères structuraux les plus prédictifs du potentiel de croissance et/ou de la rotation mandibulaires. Leurs conclusions étaient que l'épaisseur de la tête condylienne et l'orientation du col du condyle seraient les signes les plus prédictifs de la rotation, aussi bien à long qu'à court terme : un condyle fin et étiré vers l'arrière signe une rotation postérieure. De même que la hauteur du ramus et la position de l'angle mandibulaire par rapport à la base de l'apophyse odontoïde, seraient les plus prédictifs du potentiel de croissance : un ramus court et un angle mandibulaire situé plus haut que le pied de l'apophyse odontoïde prédisent un faible potentiel de croissance.

6.4. Facteurs de croissance

Enfin, il ne faut pas oublier les facteurs généraux et locaux influençant la croissance mandibulaire.

Il existe des facteurs de croissance intrinsèques qui sont génétiques, à travers les caractères héréditaires et ethniques ou endocriniens, à savoir les hormones somatotropes, thyroïdiennes et sexuelles.

Les facteurs extrinsèques au corps sont les apports nutritionnels et vitaminiques suffisants.

En outre, des facteurs locaux fonctionnels exercent également une influence :

- Les muscles ptérygoïdiens latéraux par leur action sur la croissance condylienne ;
- Les mécanismes de l'ajustement occlusal énoncés par Petrovic et Stutzmann ;
- La langue, par son action directe lorsqu'elle est basse, volumineuse et protrusive stimule la croissance mandibulaire, mais aussi par son action indirecte via le ptérygoïdien latéral.

7. Pic de croissance

7.1. Interprétation de la croissance en fonction des stades vertébraux selon Baccetti

Baccetti et al.¹² ont mis au point une méthode améliorée d'interprétation de la téléradiographie de profil, radiographie de routine, permettant de détecter le pic de croissance mandibulaire du patient et de l'anticiper.

L'analyse est simple et basée sur l'anatomie des vertèbres cervicales C2, C3 et C4. Elle donne 5 stades CMVS selon lesquels positionner le patient.

Le pic de croissance mandibulaire se produit entre les stades CVMS II et III, c'est donc le meilleur moment pour exercer des forces inter-arcades de correction de la Classe II pour favoriser une correction squelettique.

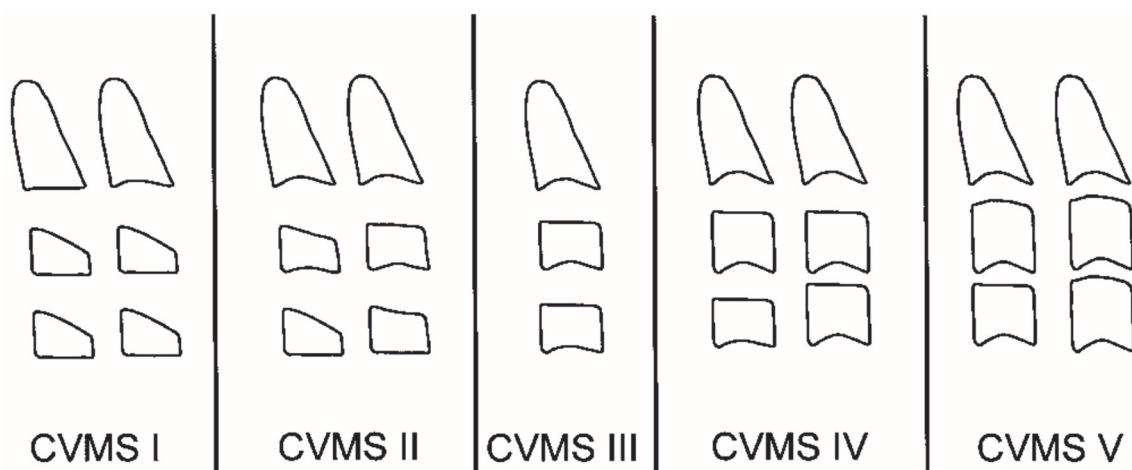


Figure 18 : Stades de développement des vertèbres cervicales selon Baccetti et al. ¹²

Le stade CVMS II indique l'arrivée du pic de croissance dans l'année qui suit, cela semble être le bon moment pour entreprendre un traitement orthopédique de correction de Classe II afin

d'éliminer les compensations alvéolo-dentaires et les verrous de croissance et profiter pleinement de la croissance spontanée du patient. Selon Baccetti, la croissance mandibulaire est en moyenne de 5,4mm durant l'année qui suit le stade CVMS II, ce qui est au moins deux fois supérieur à la quantité de croissance se produisant entre les autres stades.

7.2. Rythme de croissance mandibulaire

Selon Björk²⁰, la mandibule grandit suivant des phases d'accélération et de décélération.

La croissance staturale cesse avant la suturale maxillaire, qui cesse elle-même avant la croissance condylienne mandibulaire.

Ceci implique que la mandibule continue de grandir après l'arrêt de la croissance du maxillaire.

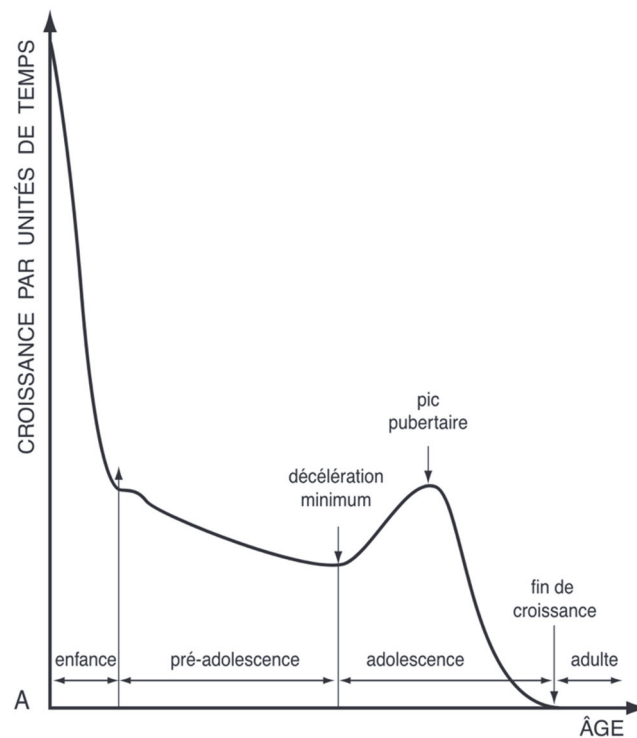


Figure 19 : Courbe de moyenne du taux de croissance staturale selon Björk²¹

L'école de Rennes²³ préfère penser que les accélérations et décélérations de croissance se produisent à des moments différents, ces périodes étant étalées de l'âge de 10 à 16 ans. Selon eux, la croissance condylienne ne suit pas la courbe lissée de Björk avec un pic à 12 ans chez les filles et 14 ans chez les garçons, mais plutôt avec un pic très variable propre à chaque individu. Elle se produirait par accélérations successives de l'enfance à l'adolescence en dents de scie, sans se superposer aux accélérations de la croissance suturale.²

Grâce à ces observations, il devient plus envisageable de proposer des traitements de correction de la Classe II bien avant ou après le pic de croissance du patient car les moments favorables à sa correction sont bien plus nombreux qu'envisagé par Björk.

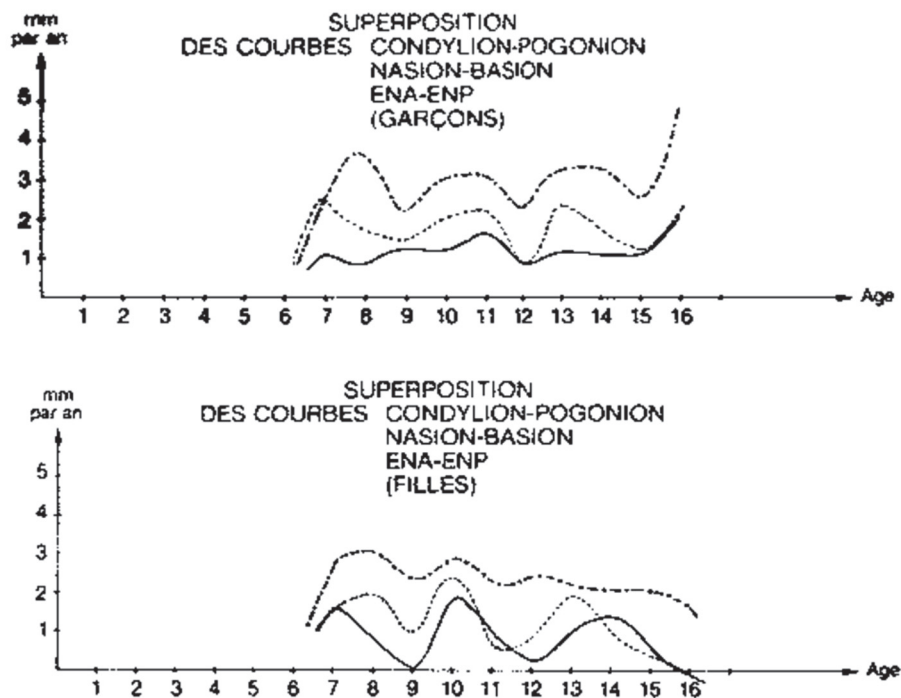


Figure 20 : Courbes de croissance mandibulaire chez la fille et le garçon : condylion-pogonion / nasion-basion / ENA-ENP issu de l'étude de Guyomard et Bonnefond²³

Tanner a décrit un petit pré-pic de croissance dans l'enfance, vers l'âge de 8 ans, qu'il a nommé la petite puberté.²

8. Moment de traitement

Le traitement des malocclusions de Classe II se trouve au cœur de débats relatifs à la méthode de traitement. La question principale étant : faut-il intervenir durant l'enfance par un traitement interceptif orthopédique ou attendre l'adolescence pour un traitement en une seule phase ?

Selon la revue Cochrane¹⁷ parue en 2018, le seul motif de traitement en deux phases et donc dès l'enfance, serait la réduction d'une pro-version de l'incisive maxillaire entraînant un risque accru de traumatisme. Le choix du moyen d'interception importe peu puisqu'ils auraient tous des résultats semblables.

La réduction du surplomb et de l'ANB seraient aussi efficaces en un ou deux temps, et la durée de traitement ne se trouve pas diminuée dans sa seconde phase par l'intervention orthopédique durant l'enfance.

Ceci conclut qu'un traitement orthopédique à l'enfance, suivi d'une deuxième phase de traitement à l'adolescence traite aussi bien la rétrognathie mandibulaire qu'un traitement orthopédique à l'adolescence en profitant du pic de croissance défini par Baccetti et al.

Néanmoins, selon la Fédération Française d'Orthodontie⁵² en 2017, l'interception de la rétrognathie mandibulaire (par un traitement en 2 phases), est recommandée chez les enfants prédisposés au Syndrome d'Apnées-Hypopnées Obstructives du Sommeil (SAHOS). La cause principale de SAHOS chez l'enfant est l'hypertrophie des organes lymphoïdes. Mais la rétrognathie, par la réduction de l'espace pharyngé qu'elle provoque au niveau des voies aériennes supérieures, en est tout de même un facteur secondaire majeur.

En ce qui concerne les autres cas de figure, afin de définir un moment de traitement plus précis, Baccetti a réalisé une étude¹³ en 2009. Il a montré qu'un traitement de la Classe II en une phase et sans extractions, avant ou durant le pic de croissance pubertaire, induit des effets favorables squelettiques significatifs, ainsi que des effets alvéolo-dentaires prédominants. La croissance maxillaire est davantage freinée chez les patients pré-pubertaires, et la croissance mandibulaire davantage stimulée chez les patients en plein pic. Les patients traités après le pic pubertaire n'auront que des effets alvéolo-dentaires. De plus, il note que l'effet squelettique sera le plus important chez les patients au moment du pic de croissance.

Aujourd'hui, majoritairement en France, l'attitude thérapeutique est à l'interception orthopédique de la Classe II en denture mixte entre 7 et 10 ans en moyenne. L'objectif principal de cette première phase de traitement est de lever les verrous occlusaux pour donner toutes les chances à la croissance spontanée de se produire par libération de son potentiel. Éventuellement, une stimulation par mise sous tension musculaire et traction condylienne peut être entreprise également par l'intermédiaire des appareils fonctionnels activateurs de Classe II.²

9. Déverrouillage de croissance

Le verrou est un blocage mécanique ou fonctionnel qui, agissant sur les bases osseuses ou sur les dents, empêche le déroulement normal de la croissance mandibulaire.

Comme le dit Bourdillat²⁴, la levée des verrous mécaniques modifie la forme des arcades et permet un repositionnement de la mandibule. Les verrous antéro-postérieurs, tels que l'interposition labiale inférieure entraînant une pro-alvéolie des incisives maxillaires, ou au contraire des incisives maxillaires très palato-versées, bloquent la mandibule dans sa croissance. Ils sont donc très fréquents dans les schémas de Classes II. Selon lui, leur levée permet un repositionnement des condyles dans les cavités glénoïdes.

Il en va de même pour le verrouillage vertical par supraclusion chez les patients en Classe II,2 qui peut provoquer des compressions de l'ATM et un schéma d'ouverture très vertical.

Ceci permet par conséquent une correction immédiate partielle ou totale de la Classe II par avancement mandibulaire selon Bourdillat²⁴, et permet par la suite à la croissance mandibulaire de s'effectuer normalement et de corriger le décalage antéro-postérieur.

Par conséquent, Ricketts²⁴ préconise de traiter la dimension transversale avant la dimension antéro-postérieure, particulièrement dans le cas des Classes II, afin de reformer les arcades et permettre le plus souvent à la mandibule de se repositionner plus antérieurement. Par la suite, il procède rapidement au déverrouillage vertical, si nécessaire, pour libérer de la même manière la mandibule ainsi que l'ATM.

De plus, Björk et Skieller²⁰ ont montré que la croissance mandibulaire est supérieure à celle du maxillaire chez la plupart des patients. Ce différentiel de croissance ne dépend pas de la classe d'Angle de départ puisqu'il est observé autant chez les patients en Classe I qu'en Classe II.

D'autres auteurs^{19,72} ont montré que ce différentiel de croissance, favorable à la correction de la Classe II squelettique, avait lieu qu'un traitement soit mis en place ou non.

En fait, chez le patient non traité en Classe II, la croissance mandibulaire ne contribue pas à la correction du différentiel antéro-postérieur car l'engrènement occlusal et l'interposition labio-linguale entraînent une croissance maxillaire identique à celle mandibulaire. La Classe II

squelettique n'évolue pas favorablement car l'arcade maxillaire est mésialée d'autant que la croissance mandibulaire, par phénomène de compensation alvéolo-dentaire.⁶

Cependant, chez un patient traité pour la Classe II, les compensations alvéolo-dentaires sont levées, et la croissance maxillaire retenue pendant que la mandibulaire est favorisée. Le différentiel de croissance maxillo-mandibulaire est libre de s'exprimer et la Classe II se corrige dans 9 cas sur 10.⁷³

En somme, corriger une Classe II squelettique par croissance mandibulaire ne peut se réaliser que lorsqu'on procède à un repositionnement mandibulaire vertical et antéro-postérieur suffisamment tôt, avant la fin de croissance de l'individu. L'efficacité du traitement repose sur le lien avec la dynamique musculaire du patient, et l'expression de la croissance retenue (par le contexte environnemental et fonctionnel) de la mandibule. Sa croissance est complexe et ne peut se produire qu'avec une stimulation coordonnée squelettique et musculaire, à un moment donné de la maturation osseuse et suturale propre à chacun.²

II. Les élastiques de Classe II

A. Généralités

Les élastiques, ou tractions inter-arcades (TIA) sont composés de caoutchouc naturel ou synthétique avec ou sans latex. Ils sont répertoriés selon 2 critères : leur diamètre et leur force. L'élastique délivre la force prévue par le fabricant lorsqu'il est étiré de 3 fois son diamètre interne.

- Leur force est étalonnée en grammes ou en onces (1oz = 28,35g). Elle peut aller de 2 oz (57g) à 32 oz (900g), forces beaucoup plus lourdes que l'on pourra utiliser en extra-oral pour des effets orthopédiques ;
- Leur diamètre est étalonné en centimètres ou en inch (1in = 2,54cm), ils vont de 0,3cm à 2cm.

Pour choisir le bon élastique selon l'effet souhaité il faut d'abord déterminer le diamètre. Il faut mesurer la distance entre les points d'application bouche fermée et diviser cette valeur par 3, on obtient alors le diamètre de l'élastique souhaité.

Ensuite, pour déterminer la force nécessaire il faut :

- Déterminer quel type d'effet est désiré : pour un effet orthopédique il faudra entre 400 et 800g de force au total, pour un effet orthodontique il faudra 50 à 300g,
- Déterminer la perte d'énergie par la friction, et la surface radiculaire en opposition au mouvement : dans les cas de Classes II dentaires, selon que l'on désire un mouvement de distalisation de l'arcade maxillaire ou mésialisation mandibulaire, la friction et la surface radiculaire des dents à déplacer va modifier notre choix de force,
- Évaluer la nécessité d'ancrage minimal ou maximal,
- Moduler la force en fonction de la divergence faciale du patient.

B. Biomécanique des élastiques

1. Définition de la force

Une force est une action mécanique capable de déformer un corps ou de modifier la quantité de mouvement du corps.⁹⁹ Les TIA délivrent des forces caractérisées par : une ligne d'action matérialisée par la mise sous tension des élastiques, un sens, un point d'application, une intensité et une durée. La force est représentée par un vecteur (sauf pour la durée qui ne peut être représentée par schéma).

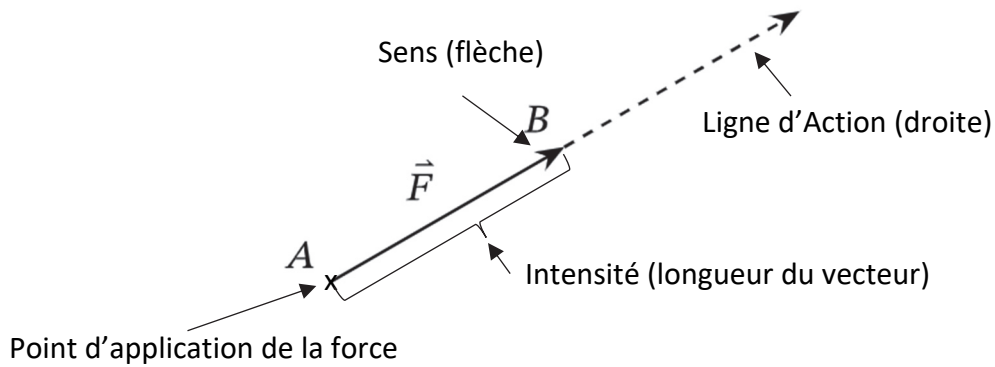


Figure 21 : Schéma de définition d'une force (composition personnelle)

Rappel de la Loi de Newton : à toute action correspond une réaction de même intensité et de direction opposée. Les élastiques tendus entre deux points d'application vont créer sur chacun une force de même ligne d'action, même intensité, mais de sens opposé. La réaction correspond aux effets parasites souhaités ou non, qu'il faudra contrôler et ramène à la notion d'ancrage.

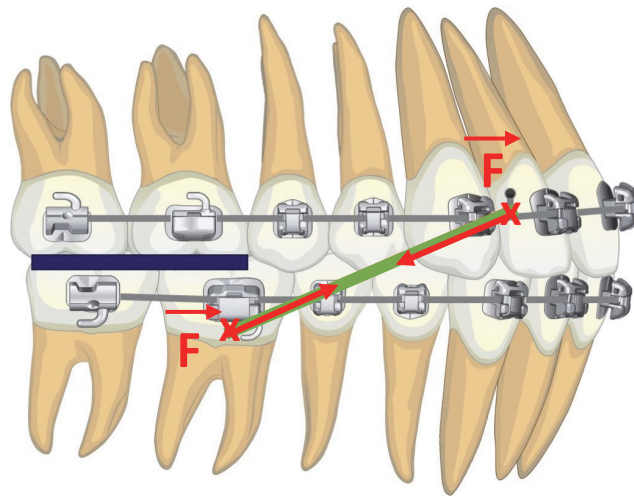


Figure 22 : Schéma illustrant les vecteurs force développés par un élastique de Classe II⁴⁵

2. Ancrage biologique

L'ancrage biologique constitue la résistance naturelle des dents aux mouvements orthodontiques et se décompose en plusieurs sous-éléments que nous allons détailler : alvéolo-dentaires, supports osseux et musculaires intra et extra-oraux.

Toute mécanique orthodontique sollicite l'ancrage biologique, et, à partir d'un certain seuil de force, induit le remaniement de l'os alvéolaire et donc un déplacement dentaire. Il peut être désiré ou non, mais doit être anticipé.⁴²

Pour déplacer un solide, on lui applique une force F en prenant appui généralement sur un autre solide. Une résistance R va s'opposer au déplacement.

Le trinôme de De Nèvezé⁴⁹ expose les situations possibles en fonction des forces reçues par la résistance mobile (qui doit être déplacée) et la résistance stable (l'ancrage). La règle indique que la force mise en œuvre par la thérapeutique doit être suffisante pour entraîner le mouvement de la « résistance mobile » et insuffisante pour mobiliser la « résistance stable ». Ceci suppose à l'évidence que la « résistance stable » est beaucoup plus importante que la résistance mobile.

Selon le trinôme de De Nèvezé trois cas sont possibles : (FM = force motrice, RS = résistance stable, RM = résistance mobile).

La résistance stable est égale à la résistance mobile ($RS = RM$) :

- Si $FM < RS=RM$, il n'y a pas de déplacement ;
- Si $FM > RS=RM$, le déplacement est égal et symétrique.

La résistance stable est plus grande que la résistance mobile ($RS > RM$) :

- Si $FM > RS > RM$, le déplacement est double et inégal car la RM se déplace davantage que la RS ;
- Si $RS > FM > RM$, le déplacement désiré est obtenu, la résistance stable ne bouge pas.

La résistance stable est plus petite que la résistance mobile ($RS < RM$) :

- Si $RM > RS > FM$, il n'y a aucun déplacement ;
- Si $RM > FM > RS$, la RS se déplace, la dent d'ancrage se déplace et pas celle désirée.

Comme le dit Garcia⁵⁶ il est impossible de connaître à l'avance précisément la valeur d'ancrage de chaque dent ou groupe de dent pour un individu car trop de paramètres biologiques entrent en jeu : l'élasticité ligamentaire, la rigidité osseuse, les potentialités dynamiques tissulaires et cellulaires, ainsi que l'environnement musculaire. De la même façon il est impossible de prévoir exactement la sollicitation que peut supporter un groupe d'ancrage avant de subir des effets parasites. L'ancrage biologique ou ancrage passif est de faible résistance et ne doit être employé seul que dans les cas où un ancrage faible est souhaité, autrement dit où de la perte d'ancrage est acceptée.

3. Ancrage alvéolo-dentaire

L'anatomie des dents détermine leur valeur d'ancrage. Elle est fonction :

- De la morphologie radiculaire : La morphologie de la racine fait varier l'ancrage de la dent. Une racine longue et large aura une plus grande résistance au déplacement dentaire. La forme aussi a son importance, des racines divergentes ou coudées offrant un gain d'ancrage. De plus, si le déplacement dentaire se fait parallèlement au grand axe de la racine, il y aura une plus faible surface d'os à résorber, l'ancrage sera moins bon ou le déplacement plus rapide. Ainsi, les molaires maxillaires qui possèdent trois racines rondes et relativement petites se déplaceront plus rapidement en antéro-postérieur que les molaires mandibulaires qui en possèdent deux mais plus larges dans la dimension vestibulo-linguale¹¹⁹ ;

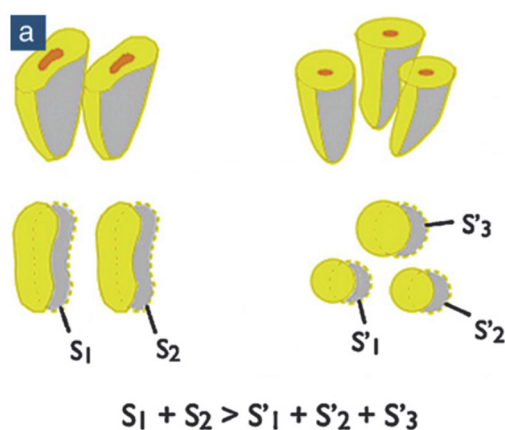


Figure 23 : Illustration de la surface radiculaire des molaires mandibulaires et maxillaires en opposition lors de leur déplacement antéro-postérieur d'après Le Gall et Sastre¹¹⁹

- Du volume radiculaire : Nabbout et Faure¹⁰¹ ont déterminé en 2007 le volume radiculaire moyen chez 120 sujets grâce à l'imagerie tridimensionnelle. Ils en ont déduit des valeurs d'ancrage par rapport à la dent de plus faible valeur : l'incisive mandibulaire centrale, à laquelle ils ont attribué la valeur de 1 ;

	Maxillaire							Mandibulaire						
	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
Volume radiculaire en mm ³	321	209	366	287	296	549	545	162	171	306	240	282	564	534
Coefficient d'ancrage	2	1,58	2,25	2	2	4	3,5	1	1	2	1,5	2	3,5	3,5

Figure 24 : Tableau du volume radiculaire moyen et le coefficient d'ancrage pour chaque type de dent, déterminé par Nabbout et Faure¹⁰¹

- Du rapport couronne/racine : Un faible rapport couronne/racine est synonyme de meilleur ancrage. L'attache parodontale en opposition au déplacement est plus importante, ce qui complique le mouvement dentaire. Chez les patients qui présentent un antécédent de maladie parodontale avec perte de la hauteur alvéolaire, l'ancrage sera d'autant plus faible qu'elle était sévère⁶³ ;

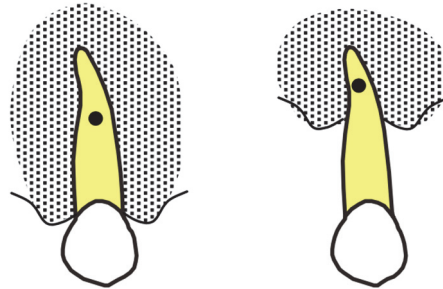


Figure 25 : Illustration de la perte d'os alvéolaire, donc augmentation du rapport couronne/racine³⁴

- Du nombre de racines : Il est possible d'augmenter la valeur de l'ancrage en solidarissant les dents entre elles afin d'additionner les valeurs de chacune. Pour ce faire on peut utiliser un arc rigide et des ligatures métalliques. C'est un moyen efficace de diminuer l'expression des effets indésirables des mécaniques mises en œuvre ;
- De l'angulation de la dent par rapport à la direction de la force : C'est la notion développée par Tweed¹²⁹ dans sa technique de disto-version de la molaire mandibulaire « en piquet de tente » pour contrer les effets des élastiques de Classe II. Selon lui, une molaire inférieure disto-versée offre un meilleur ancrage qu'une molaire correctement positionnée dans le deuxième ordre ;

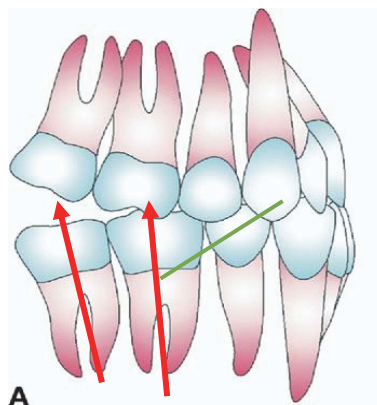


Figure 26 : Illustration de l'angulation corono-distale des molaires mandibulaires pour augmenter leur résistance aux forces mésialantes des élastiques de Classe II⁵³

- De l'occlusion : L'intercuspidation et la courbe de Spee profonde constituent une stabilisation des arcades entre elles et donc un facteur de résistance au déplacement, qui est plus important pour les dents dont l'anatomie est très marquée. Cependant, à part chez le bruxomane, la position de repos de l'homme étant en légère inoclusion, cette notion est à modérer fortement.⁶³

4. Ancrage musculaire

Ricketts⁸⁸ décrit cet ancrage comme le principal facteur de l'ancrage biologique, et établit le lien avec la typologie verticale du patient. Dans son analyse céphalométrique, la divergence maxillo-mandibulaire et l'arc mandibulaire constituent les estimateurs les plus fiables de l'ancrage musculaire.

- Typologie brachyfaciale : La caractéristique des patients brachyfaciaux est la musculature faciale forte. De plus, les muscles masticateurs sont insérés en antérieur par rapport à l'angle mandibulaire, et le plan d'occlusion est bien souvent parallèle au plan palatin. Par conséquent, les mouvements antéro-postérieurs et d'égression sont plus difficilement réalisables, l'ancrage est majoré. La forte tonicité des lèvres empêche également la vestibulo-version des incisives ;
- Typologie dolichofaciale : Les patients dolichofaciaux ont une moindre tonicité musculaire, des muscles masticateurs insérés plus postérieurement et une divergence entre plan d'occlusion et plan palatin. Il en résulte une perte d'ancrage et une égression postérieure beaucoup plus aisées et une tendance à la vestibulo-version incisive par manque de tonus des lèvres.

5. Ancrage osseux

L'ancrage osseux varie d'un individu à l'autre, mais aussi au sein d'un même individu en fonction de la localisation.

La typologie faciale du patient influe par la musculature sur la forme, robustesse et densité osseuse de la mandibule. Celle-ci sera plus fine, plus grêle et de densité osseuse inférieure chez un patient hyperdivergent ou dolichofacial. Le déplacement dentaire y sera plus aisé, et l'ancrage affaibli.¹¹⁹

De même, le déplacement dentaire est facilité chez l'enfant par rapport à l'adulte par la moindre densité osseuse et l'augmentation du turn-over osseux. Chez l'adulte, la zone hyaline sera plus grande et durera plus longtemps, empêchant le déplacement dans un premier temps.¹¹⁹

D'autre part, les structures osseuses maxillaire et mandibulaire diffèrent considérablement. L'os maxillaire est de composition majoritairement spongieuse, peu dense et peu corticalisée contrairement à la mandibule. Par sa structure, le turn-over cellulaire et la vascularisation de la mandibule sont plus faibles, ce qui ralentit les déplacements dentaires. Selon Château, une même force, chez un même sujet, produit un déplacement trois fois plus important au maxillaire qu'à la mandibule.

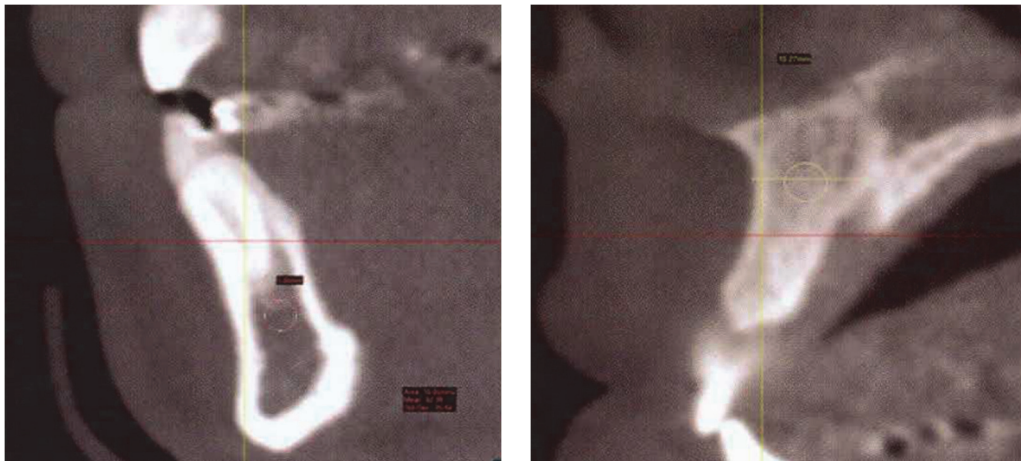


Figure 27 : Différences de densité osseuse à la mandibule et au maxillaire d'après une étude de Doyle et al.⁴³

C. Effets alvéolo-dentaires des élastiques de Classe II sur arc continu

Les TIA de Classe II provoquent des effets sur les dents supports mais aussi sur le reste des arcades dentaires. Il faut être vigilant lors de leur utilisation car certains effets ne sont pas souhaitables et devront donc être contrôlés.

Au maxillaire les effets sont une distalisation de l'arcade qui contribue à l'obtention de la Classe I, une égression et palato-version du secteur antérieur par rotation vers le bas et l'avant, et une disto-version des molaires.

À la mandibule, il se produit une mésialisation de l'arcade, généralement le principal effet permettant de corriger la Classe II. Mais aussi une vestibulo-version du secteur antérieur qui

pose le plus souvent problème lorsque les incisives sont déjà vestibulées avec un environnement parodontal faible. Sur la molaire support d'élastique il se produit une mésio-version, mésio-rotation et égression.

Au niveau du plan d'occlusion on observe une bascule dans le sens horaire. Cette composante contribue à la correction géométrique de la Classe II, mais elle est responsable de l'aggravation d'un sourire gingival ou de l'hyperdivergence faciale.

Le schéma facial va subir une rotation postérieure de la mandibule, un recul du menton vers le bas et vers l'arrière, ainsi qu'une augmentation de l'angle mandibulaire et donc de la hauteur faciale. Ces effets sur le schéma facial seront recherchés dans les cas hypodivergents mais impliquent des précautions chez les sujets hyperdivergents.

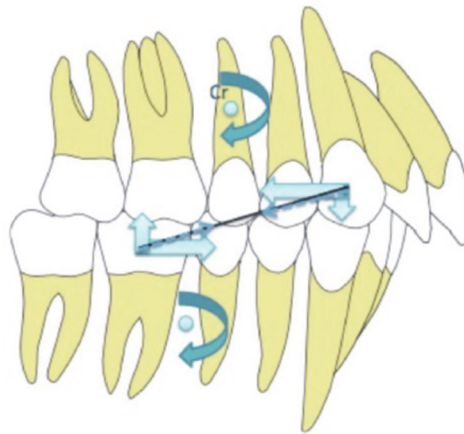


Figure 28 : Effets des élastiques de Classe II sur les arcades dentaires⁶³

D. Indications et contre-indications des élastiques

Les élastiques, par leurs effets complexes, sont utilisés pour bien d'autres fonctions que l'obtention Classe I. Ils ont de nombreuses indications et contre-indications à respecter.

1. Indications des élastiques en général

- Correction des relations inter-arcades dans les trois dimensions de l'espace ;
- Orienter l'effet mécanique de l'arc et contrôler ses effets parasites :

Ex : sur un arc de fermeture des espaces à l'arcade mandibulaire, le port de TIA de classe II renforce la mésialisation du secteur postérieur et évite un recul incisif excessif ;

- Parfaire l'intercuspitation dans les phases de finitions ;
- Stabilisation post-chirurgicale.

2. Contre-indications aux élastiques en général

- Leur principale contre-indication est liée aux mouvements d'égression des dents d'ancrage et de rotation des arcades qui doivent les faire éviter chez les patients hyperdivergents à rotation postérieure de la mandibule ;
- Des précautions et une surveillance accrue sont recommandées chez les sujets présentant des troubles articulaires, surtout lorsque des forces antéro-postérieures sont exercées sur la mandibule ;
- Le choix d'élastiques sans latex permet de les prescrire chez des sujets allergiques.

3. Indications des élastiques de Classe II

- Distalisation de l'arcade maxillaire ;
- Mésialisation de l'arcade mandibulaire ;
- Maintien de l'ancrage lors de la rétraction incisive maxillaire ;
- Vestibulo-version des incisives mandibulaires ;
- Correction d'une non-concordance des points inter-incisifs lorsqu'ils ne sont pas utilisés symétriquement ;
- Ouverture de l'occlusion ;
- Rotation mandibulaire postérieure ;
- Intercuspitation.

4. Contre-indications aux élastiques de Classe II

- Bécances ;
- Typologie dolichofaciale, hyperdivergence ;
- Luxation discale au niveau des ATM. Les composantes vers le haut et vers l'avant sur la mandibule vont contraindre le condyle dans la cavité glénoïde en haut et en avant, ce qui risque de repousser le disque en avant et donc d'aggraver la pathologie articulaire déjà présente. Le risque est d'aggraver la pathologie vers un déplacement discal non réductible voire une nécrose avasculaire du condyle.¹¹⁰



Figure 29 : Schématisation de l'effet des élastiques de Classe II en cas de déplacement discal, la composante verticale a tendance à faire remonter le condyle pendant que la composante de mésialisation repousse le disque en avant, aggravant la pathologie¹¹⁰

E. Mécaniques globales d'arcade dans la correction de la Classe II

1. Effet tiroir

Dans les mécaniques globales d'arcade de Classe II, l'effet principal recherché est « l'effet tiroir » décrit par Hilgers, qui consiste en un recul en masse de l'arcade maxillaire et une avancée de l'arcade mandibulaire. C'est elle qui permet l'obtention de la Classe I.⁴⁹

La mécanique globale d'arcade concerne les arcades où tout déplacement interne est interdit : l'arcade est solidarisée par un arc de pleine section (ex : 0,0215x0,0275in en acier dans des gorges 0,022x0,028in) et les espaces sont soit nuls soit bloqués et non compressibles.

L'arcade solidarisée possède un centre de résistance unique situé en moyenne au milieu de l'arcade en vue occlusale ; au milieu de la seconde prémolaire au maxillaire et entre la deuxième prémolaire et la première molaire à la mandibule dans la vue sagittale ; et aux 2/3 radiculaire dans le sens vertical (*figure ci-dessous*).⁴⁹ En réalité, la position du centre de résistance de l'arcade varie avec la morphologie radiculaire, la hauteur et la densité osseuse, ainsi que le nombre de dents reliées.⁵⁰

Notons également que d'après l'étude de Nabbout¹⁰¹ et celles de ses prédécesseurs, l'arcade maxillaire a un ancrage dentaire supérieur à celui de l'arcade mandibulaire, ce qui est favorable dans l'utilisation des élastiques de Classe II pour obtenir un glissement alvéolaire corrigeant la dimension antéro-postérieure.

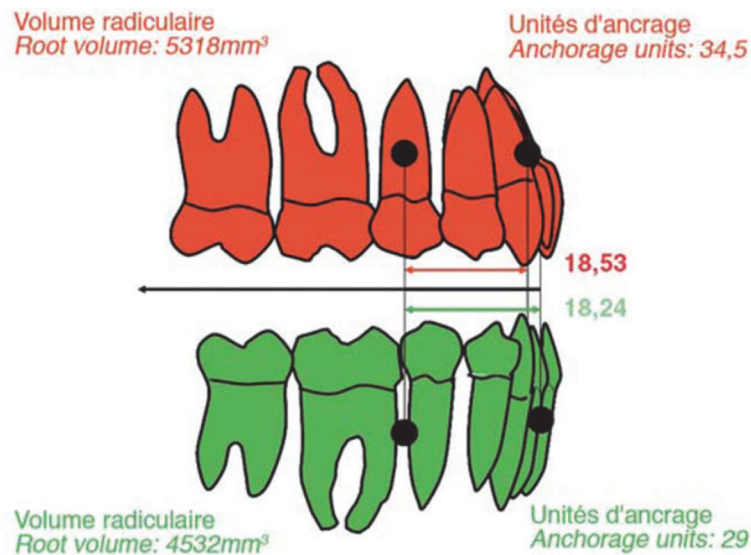


Figure 30 : Position des centres de résistance des arcades maxillaire et mandibulaire selon Nabbout et al.¹⁰⁰

2. Mécaniques globales d'arcade chez l'hyperdivergent

Il faut également noter que lorsque le vecteur force de la mécanique ne passe pas par le CR de l'arcade, il va créer un moment, entraînant une roto-translation de celle-ci.

Dans la mécanique de Classe II, les moments résultants provoquent une bascule horaire du plan d'occlusion qui peut être souhaitée dans les cas de sourires pauvres, ou pour aider à la correction de la Classe II dentaire, mais qui doit être contrôlée dans d'autres cas comme les sourires gingivaux ou les typologies hyperdivergentes. En effet, la molaire mandibulaire subit une égression et mésio-version, et les incisives maxillaires, une égression et palato-version. Il en résulte une rotation du plan d'occlusion dans le sens horaire qui doit être anticipée. Une correction de la classe d'Angle sur des moulages ne doit pas se faire aux dépens du contexte squelettique et cutané du patient.^{49,112}

En effet les patients hyperdivergents ont un environnement musculaire plus faible avec des fibres musculaires insérées postérieurement, qui s'opposent peu à la composante verticale que peuvent induire les TIA de Classe II.⁴⁹

Face à cette typologie, il sera préférable d'utiliser des TIA de Classe II courts, généralement étirés de la canine ou première prémolaire maxillaire à la première ou deuxième prémolaire mandibulaire. Ceci afin que la ligne d'action passe au plus près du centre de résistance des arcades pour minimiser le moment de la force, et éviter d'aggraver la bascule du plan palatin.

Pour rappel, $M = F \times d$ (où M : moment de la force ; F : intensité de la force ; d : distance perpendiculaire à la ligne d'action passant par le centre de résistance du corps).

Dans le cas d'élastiques courts la distance d entre le CR et la ligne d'action est diminuée, ce qui se répercute directement sur l'intensité du moment de la force.

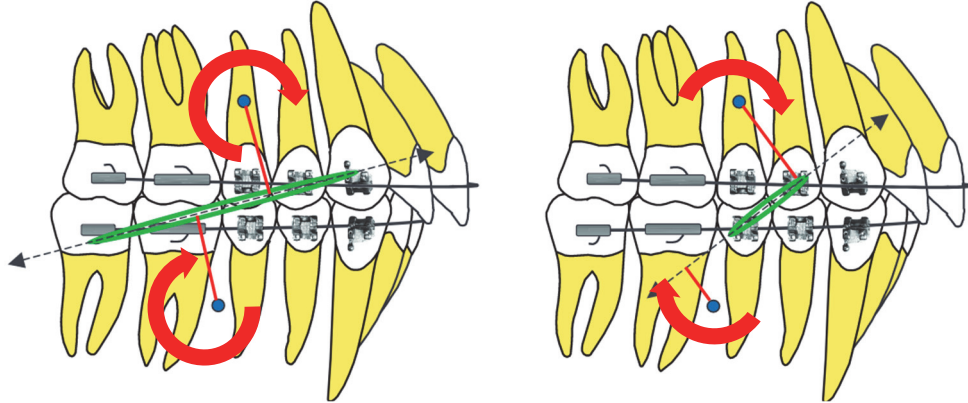


Figure 31 : Comparaison de l'effet de bascule du plan d'occlusion entre les élastiques de Classe II longs et courts, selon la distance entre la ligne d'action de la force et les centres de résistance des arcades dentaires⁶³

L'intensité de la force et surtout la durée du port des élastiques ont également une importance pour le schéma facial. Un « type facial court » supportera le port d'élastiques de Classe II de manière plus intensive et la force employée pourra être plus importante que pour un « type facial long ».

De plus, pendant la journée, les élastiques intermaxillaires ont une composante d'égression verticale plus importante que pendant la nuit, par l'ouverture de la bouche, la composante verticale croît de façon notable. Il sera donc plus favorable d'utiliser des TIA la nuit plutôt que le jour chez les patients à risque, les hyperdivergents.⁸³

De manière générale, à travers plusieurs études sur les rats, Igarashi⁶⁵, Yamada¹³¹ et Miyoshi⁹⁶, notent qu'une force intermittente appliquée pendant la période de repos peut être plus effective que pendant la période d'activité. Le mouvement dentaire le plus efficace chez l'homme, avec le moins de dommages parodontaux devrait se produire la nuit, pendant la période de repos.

F. Force idéale

Afin d'obtenir un déplacement dentaire physiologique, il faut utiliser des forces adaptées qui permettent un déplacement aussi rapide que possible sans dommage irréversible des racines,

de l'os alvéolaire et du ligament parodontal.⁴² Cette force dépend principalement des phénomènes de remaniement osseux au niveau cellulaire. Mais elle va également varier selon le type de mouvement désiré, la résistance biologique de la dent ou groupe de dent et la friction.

1. Remaniement tissulaire thérapeutique et phénomène de hyalinisation

1.1. Effets immédiats de l'application d'une force

Le premier effet, immédiat à l'application de la force, est le rétrécissement desmodontal avec fuite des fluides et écrasement vasculaire. À l'arrêt de l'application de la force, la dent revient à sa position en 1 à 1 minute 30 secondes.⁴²

1.2. Effets à court et moyen termes

Du côté en pression, l'initiation du mouvement se produit par une réaction immunologique et particulièrement inflammatoire ainsi que des phénomènes piézoélectriques. Aussi, après 36 heures, il y a création de la zone hyaline qui est liée à l'hypoxie et la compression des fibres. Celle-ci empêche tout déplacement dentaire durant sa présence et met en moyenne 12 à 15 jours à se résorber.

Après le déplacement initial, celui-ci ne peut reprendre que grâce à l'élimination de la zone hyaline, réoccupée par des cellules et vaisseaux sanguins par abord latéral et centripète. Pendant la phase de reconstitution, une nouvelle couche de ciment et d'os alvéolaire se dépose contre la partie en compression et permet l'ancrage de nouvelles fibrilles de collagène.⁴²

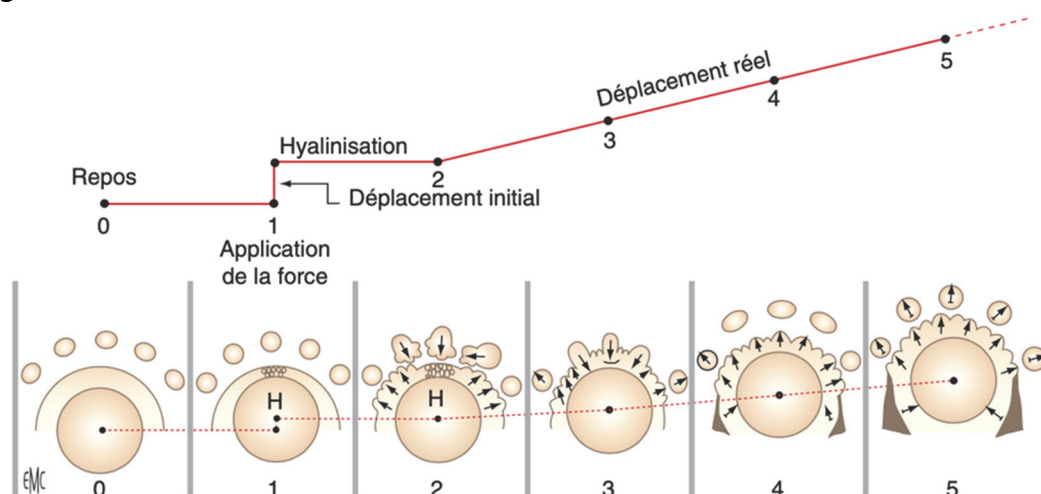


Figure 32 : Correspondance entre la courbe de déplacement des différents stades morphologiques de la réaction osseuse (H : hyalinisation)⁴²

Du côté en tension, l'élargissement du ligament est de la même importance que le rétrécissement de l'autre côté. Les espaces vasculaires s'élargissent et les structures s'orientent en direction de la traction. Les réactions tissulaires sont similaires que du côté en pression mais se produisent plus rapidement.⁴²

Les conditions nécessaires à un bon mouvement dentaire sont⁴² :

- Application de forces légères pour éviter la formation de nouvelle hyalinisation et permettre la résorption osseuse ;
- Présence d'un parodonte sain et complet ;
- Contrôle de l'inflammation.

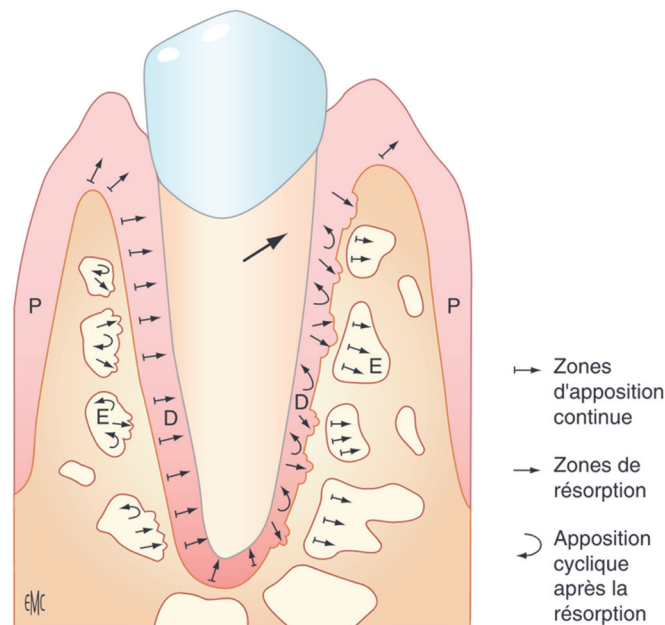


Figure 33 : Schéma du remaniement osseux au cours de la migration physiologique des dents. On observe un déplacement de l'os en même temps que de la dent, les travées osseuses tendant à maintenir constante leur épaisseur. La grosse flèche indique le sens de la migration. P : périoste ; E : endoste ; D : desmodonte.⁴²

Selon de nombreux auteurs¹⁰⁵, il faut donc se limiter à des forces douces et continues afin d'éviter les zones hyalines étendues, les résorptions radiculaires, les douleurs et ainsi se rapprocher le plus possible du déplacement physiologique des dents.

Concernant le port des élastiques, d'après Stutzmann, Petrovic¹¹⁰ et Davidovitch³⁵, la force orthodontique idéale devrait être une force intermittente, mais entretenue de façon régulière. Ceci afin de maintenir un pool d'ostéoclastes suffisant et nécessaire au déplacement dentaire.

Pour Baron¹¹⁰, lorsque l'intensité de la force devient trop faible ou nulle à cause d'une période d'inactivation trop longue, il se produit une chute de l'activité ostéoclastique qui a pour conséquence un arrêt du déplacement dentaire. Il devra alors se produire une nouvelle phase hyaline qui mettra 3 à 4 semaines selon lui à se résorber pour entamer à nouveau un déplacement. Pour Baron et Patti, 3 jours d'élastiques en moins équivalent à un mois de traitement en plus.¹¹⁰

2. Résistance biologique

La force développée par un système mécanique se transmet à la dent et à son tissu de soutien. Le remaniement tissulaire engendré est fonction de la surface radiculaire, alvéolaire et ligamentaire concernée. Donc, la réponse biologique dépend davantage de la notion de pression reçue par le système que de la notion de force appliquée en un point précis.⁴²

Pour Markostamou⁴² « l'évaluation de la réponse histo-physiologique aux pressions exercées est très difficile à déterminer étant donné qu'elle dépend de plusieurs facteurs ».

Facteurs personnels :

- Longueur et forme des racines ;
- Métabolisme local et général ;
- Type facial et forces occlusales (ces dernières étant diminuées de moitié chez un adulte hyperdivergent).

Les conditions physiologiques :

- Turn-over tissulaire ;
- Âge du sujet ;
- Sexe de l'individu.

Les conditions anatomiques :

- Position de la dent ;
- Densité osseuse ;
- Santé parodontale.

La vitesse de déplacement dentaire est modifiée par la croissance, Iwasaki et al.⁶⁶ ont montré qu'elle serait multipliée par 1,5 chez le sujet en croissance, mais qu'il existe également une variabilité inter-individuelle allant du simple au triple pour une même pression reçue. Nabbout écrit que le desmodonte des sujets jeunes dont la croissance n'est pas terminée, est en état de prolifération et donc beaucoup plus favorable au déplacement dentaire. Au contraire, celui de l'adulte est dense, ce qui rend sa résorption, et ainsi le déplacement dentaire plus difficile.⁹⁹

3. Force idéale pour les effets alvéolo-dentaires

De nombreux auteurs ont tenté de déterminer la force idéale à employer avec les élastiques de Classe II pour obtenir les meilleurs effets alvéolo-dentaires.

En premier lieu, au niveau histologique, Schwartz¹²³ détermine une pression maximale à ne pas dépasser : 2,6 KPa (26g/cm²) de manière à ne pas oblitérer les vaisseaux sanguins et se rapprocher le plus possible des forces physiologiques du déplacement dentaire.

Kohno⁷⁹ préconise en 2002 de ne jamais dépasser 80g/cm² afin de respecter le parodonte.

Proffit¹¹² donne à la force optimale une définition à visée physiologique car, selon lui : « la force optimale devrait être juste suffisante pour stimuler l'activité cellulaire sans oblitérer les vaisseaux sanguins du ligament ».

Selon Langlade⁸³, pour éviter une forte période de latence et une grande zone hyaline, il faut limiter la force appliquée à 20g/cm² de surface dentaire exposée au déplacement. Une fois le délai de la phase initiale passé, la force appliquée pourra être augmentée, tout en restant en dessous des valeurs de résorption radiculaire.

Selon Ricketts⁸³, la force orthodontique idéale se situe autour de 100g/cm² de surface radiculaire exposée au déplacement.

Une revue systématique de la littérature¹²⁴ a mis en évidence par des preuves de faible valeur, que des forces situées entre 50 et 100cN (soit 50 à 100g) à l'échelle d'une dent sont idéales pour les déplacer. La vitesse de déplacement est optimisée, les effets indésirables sont diminués et le confort du patient est maintenu. Avec des forces trop importantes, les études montrent qu'il se produit une perte de contrôle du mouvement dentaire et une perte d'ancrage.

La relation de mouvement dentaire et niveau de tension serait linéaire jusqu'à atteindre un palier. Après ce palier, une augmentation de la contrainte ne produirait plus d'augmentation de la vitesse de déplacement.¹¹²

Cette courbe est similaire à celle de beaucoup de processus biologiques qui répondent à une activité stimulation-dépendante avant d'atteindre saturation.

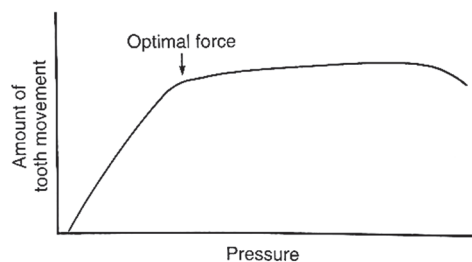


Figure 34 : Courbe de vitesse du mouvement dentaire sur l'amplitude de la contrainte¹¹²

Plus les forces appliquées sont importantes, plus l'expression des effets parasites ainsi que la perte d'ancrage le sont aussi. Or, si le déplacement dentaire atteint un palier, alors une augmentation des forces au-delà de ce qui est nécessaire devient inutile et même nocive.

Par son étude de 1972, Storey¹²³ montre qu'avec un déplacement dentaire lent, le remodelage osseux est de bonne qualité. L'inflammation est maintenue au minimum offrant un risque de récurrence moindre. Avec un déplacement trop rapide, le remodelage osseux se poursuit au-delà de la période d'application de la force, ce qui est à l'origine de la majoration du risque de récurrence.

Pour Sastre et Le Gall¹¹⁹, afin de déterminer quelle force appliquer pour un déplacement optimisé, il suffit de multiplier la surface radiculaire en opposition au mouvement (en cm^2) par la pression recommandée par Schwartz de 25g/cm^2 . Car pour rappel $F = P \times S$; où F : force, P : pression et S : surface opposée au déplacement.

Comme expliqué précédemment, en 2007, grâce à des reconstructions tridimensionnelles réalisées à partir de scanners, Nabbout et al¹⁰¹ ont corrigé les valeurs d'ancrage de chaque dent déterminées par Jarabak⁷⁰ et les volumes radiculaires calculés par Freeman⁵⁵.

Selon ces données, il est possible de déterminer la surface moyenne des racines en opposition aux mouvements de correction de la Classe II. Nabbout donne l'exemple du calcul de surface radiculaire de la canine maxillaire, qui est de 203mm^2 . Grâce à cela, Sastre et Le Gall proposent

qu'avec une surface radiculaire en opposition de 100mm² et une contrainte de 2,5KPa/mm², il faut appliquer une force d'environ 25g sur une canine maxillaire pour la déplacer.

Langlade⁸³ a proposé, selon les forces maximales décrites par Ricketts, qu'il fallait 150g par cm² de surface radiculaire en rapport avec la zone de résorption afin d'obtenir un mouvement en masse d'arcades. Ceci amène à un total de 318g de force par côté, ce qui est considérablement supérieur aux autres propositions d'auteurs.

Pour Proffit¹¹², il faudrait plutôt 250g de force par côté sur un arc rigide. Pour un arc plus faible, rond, il recommande de diviser cette force par deux pour minimiser l'expression des effets parasites, donc 125g par côté.

Étant donné les faibles données de la littérature, qui se limitent à des avis d'experts datant de plusieurs décennies, Oesterle¹⁰⁵ a réalisé une étude questionnaire en 2012 auprès d'orthodontistes américains, enseignants ou exerçant en milieu libéral, afin de recenser les pratiques courantes et contemporaines quant aux élastiques utilisés. Ses observations ont été que les élastiques employés sur arcs de forte section (0,018 x 0,025-in en acier) produisaient en moyenne une force de 277g au total, et sur des arcs de moindre résistance (0,018-in acier), plutôt 183g. Il est à noter cependant la très grande variabilité inter-praticien, car en réalité les forces employées allaient du simple au double (188 à 366g pour les arcs forts et 124 à 242g pour les arcs faibles). La moyenne se rapproche néanmoins des recommandations d'experts établies des décennies plus tôt.

Selon une revue systématique de littérature de 2013 concernant la correction de malocclusions de Classe II par élastiques⁶⁹, il est suggéré d'utiliser des forces légères (en moyenne 2,6oz soit 73,7g par côté, donc 147,4g au total) avec des élastiques de diamètre 3/16^e-in (soit 0,47cm) sur des arcs en acier rectangulaires de 0,016 x 0,022-in (dans des gorges de 0,018 x 0,025-in).

Parmi les études décrivant leurs protocoles d'élastiques, les élastiques employées allaient de 1-2oz^{94,103} (28 à 57g) par côté pour deux études, à 4oz³² (113g), en passant par 2,5¹²¹ et 3,5oz¹³⁰ (71 et 99g). Ce qui semble léger en comparaison à ce qui a été proposé dans la littérature et par rapport à ce qui est réellement pratiqué dans les cabinets.

4. Friction

Selon la technique d'arc droit ou sectionnelle, la friction sera différente donc la force nécessaire le sera aussi.

En technique d'arc droit dans le cas où toute l'arcade maxillaire n'est pas solidarisée par une ligature en 8 métallique par exemple : la mécanique de Classe II va faire glisser les secteurs latéraux maxillaires le long de l'arc créant une force frictionnelle contraire au mouvement dentaire. Cette valeur de friction varie selon le type d'attaches orthodontiques et le matériau du fil utilisé. La réponse biologique tissulaire est déclenchée, et le mouvement dentaire n'a lieu qu'à partir du moment où la force appliquée est supérieure à la force de friction.

Pour calculer la force nécessaire au déplacement il faudra donc ajouter aux 25g/cm² de force idéale, la valeur calculée de friction de chaque dent concernée.

Burston²⁹ a établi une formule pour quantifier la friction : $F = F_n \times r$, où :

- F = la force de friction ;
- F_n = la force normale perpendiculaire à l'arc ;
- r = le coefficient de friction.

Le coefficient de friction r dépend de : la nature du bracket, sa largeur, le matériau de l'arc utilisé, sa section, la ligature utilisée.

En technique sectionnelle, ou en mouvement global d'arcade on s'affranchit de la friction lors du déplacement dentaire. Il suffit par conséquent de respecter la valeur de 100g/cm² pour choisir l'élastique approprié.

G. Choix de l'élastique

Le choix de l'élastique par le praticien doit tenir compte des contraintes de force optimale et de frottements. Or nous savons qu'indépendamment du système mécanique utilisé, la force développée au niveau radiculaire de chaque dent ne doit pas dépasser environ 25g/cm² pour obtenir un déplacement physiologique. De plus, selon la mécanique choisie : globale d'arcade ou sectionnelle ou avec glissement ; il faudra tenir compte de la friction générée à l'interface de l'ensemble attache, fil et ligature.

Un moyen efficace de connaître simplement la force déployée par l'élastique est d'utiliser un dynamomètre. Cependant, cette mesure ne permet pas de savoir quelle est l'intensité de la

force dans chaque dimension. En effet, en fonction de l'angle que fait l'élastique avec le plan d'occlusion, les composantes horizontale et verticale varient de façon notable.

Ici, un bref rappel de trigonométrie qui permet de connaître la valeur d'un angle ou des distances :



Figure 35 : Rappels de trigonométrie (composition personnelle)

La composante horizontale de la force (portion en vert selon le schéma) est égale au produit du cosinus de l'angle alpha et de l'intensité de cette force ;

La composante verticale de la force (portion en rouge sur le schéma) est égale au produit du sinus de l'angle alpha et de l'intensité de cette force ;

Exemple d'un angle alpha de 15° avec une force de 100g :

$$\cos(15^\circ) = 0,96 \quad \text{et} \quad \sin(15^\circ) = 0,26$$

La composante horizontale est donc de 96g et la composante verticale de 26g.

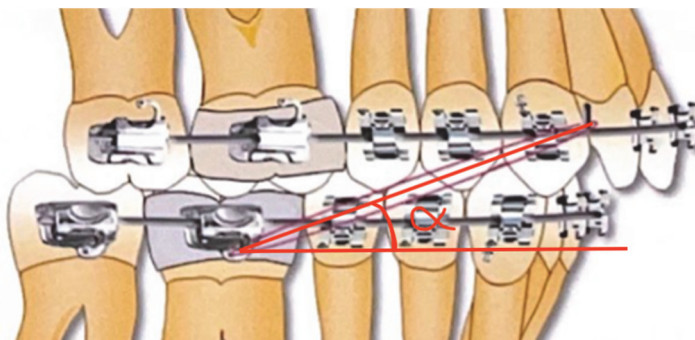


Figure 36 : illustration de l'angle alpha permettant de calculer les composantes verticale et horizontale de la force déployée (composition personnelle)

Selon les calculs du Pr Le Gall⁸⁵, pour un élastique positionné sur un clip en avant de la canine maxillaire, jusqu'à la première molaire mandibulaire, la force développée horizontalement vaut 96% de la force totale, et la verticale vaut 26%.

Plus d'un quart de la force aura une composante verticale, ce qui va entraîner une bascule du plan d'occlusion vers le bas et vers l'avant.⁸⁵

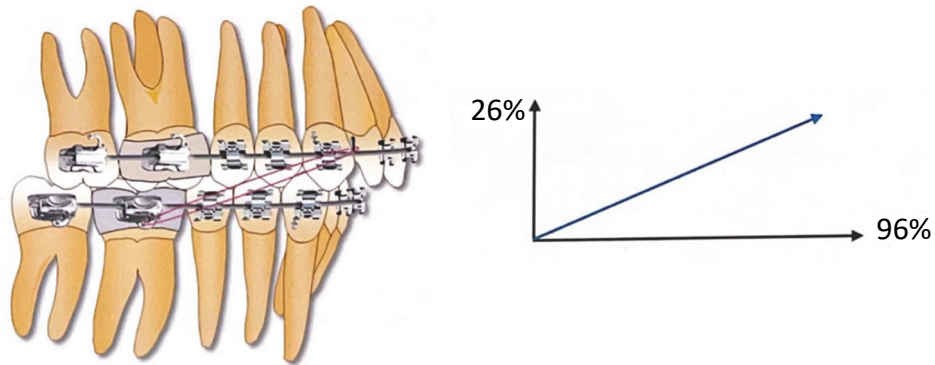


Figure 37 : Vecteurs de force pour un élastique de Classe II appliqué depuis une potence en mésial de la canine maxillaire jusqu'à la première molaire mandibulaire selon Pr Le Gall⁸⁵

Dans les schémas extractionnels de prémolaires maxillaires seulement, la résultante des forces est à 37% horizontale et 37% verticale.

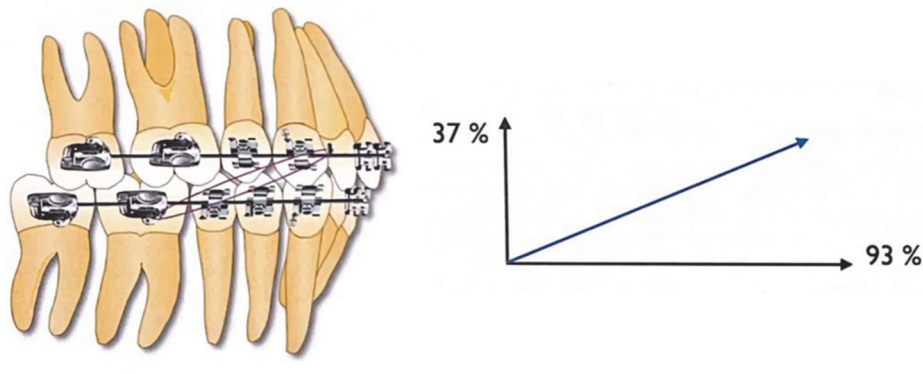


Figure 38 : Vecteurs de force pour un élastique de Classe II appliqué depuis une potence en mésial de la canine maxillaire jusqu'à la première molaire mandibulaire dans un schéma extractionnel de prémolaires maxillaires selon Pr Le Gall⁸⁵

Il faut donc prendre cela en considération au moment du choix de l'élastique, car ce qui est mesuré au dynamomètre n'est pas la réelle force déployée pour la correction de la dimension antéro-postérieure. Il faut connaître la force qui est déployée en vertical, qui est souvent un des aspects non souhaités.

Il est à noter que la force déployée par l'élastique dépend de la distance qui sépare les deux points d'application, et qu'au fur et à mesure de la réduction de la Classe II, la distance diminue. Il est donc capital d'adapter le choix d'élastique au cours du traitement ou de modifier les points d'application pour employer des forces toujours suffisantes et les plus constantes possibles.

Malgré l'absence de consensus concernant la force à employer pour corriger la Classe II squelettique, nous allons donner un exemple de choix et d'adaptation d'élastique pour un sujet que nous considérons en croissance, passant d'une Classe II totale (estimée à 8mm) à une demi-Classe II (estimée à 4mm).

En choisissant une force horizontale désirée de 150g par côté pour une Classe II totale de 8mm, et en positionnant les élastiques de 14 à 46 : il faudrait choisir des élastiques « Saxophone » (8mm ; 6oz) de la gamme GC ortho.

Cependant, lorsque la Classe II diminue, passant de 8mm à 4mm, l'hypoténuse diminue, il faut donc choisir des élastiques « Bariton » (8mm ; 6oz), si on conserve les mêmes points d'application.

Une autre alternative est de changer le point d'application en positionnant les élastiques de 13 à 46. Dans ce cas, en conservant les élastiques « Saxophone » (8mm ; 6oz), la composante horizontale restituée s'approche à nouveau de 150g.

H. Forces réelles et forces annoncées par le fabricant

Une étude menée à l'hôpital de la Timone à Marseille par le Dr Cohen et Pr Le Gall³¹, comparait la raideur de différents élastiques inter-arcades. À travers ces travaux, il a été révélé qu'en moyenne la force mesurée pour un étirement de 3 fois le diamètre initial (comme préconisé par les fabricants) ne produisait pas la force annoncée, mais était généralement inférieure. Parmi les marques testées, AO se rapprochait le plus des résultats escomptés avec un écart de seulement 3 à 6%. Alors que les élastiques de la marque ORMCO présentent des écarts de valeurs importants allant de 3 à 42 %. La force indiquée par le fabricant n'est pas tout à fait fiable. Il est cependant possible de palier ce biais en mesurant à l'aide d'un dynamomètre la force réellement déployée au moment d'appliquer l'élastique en bouche.

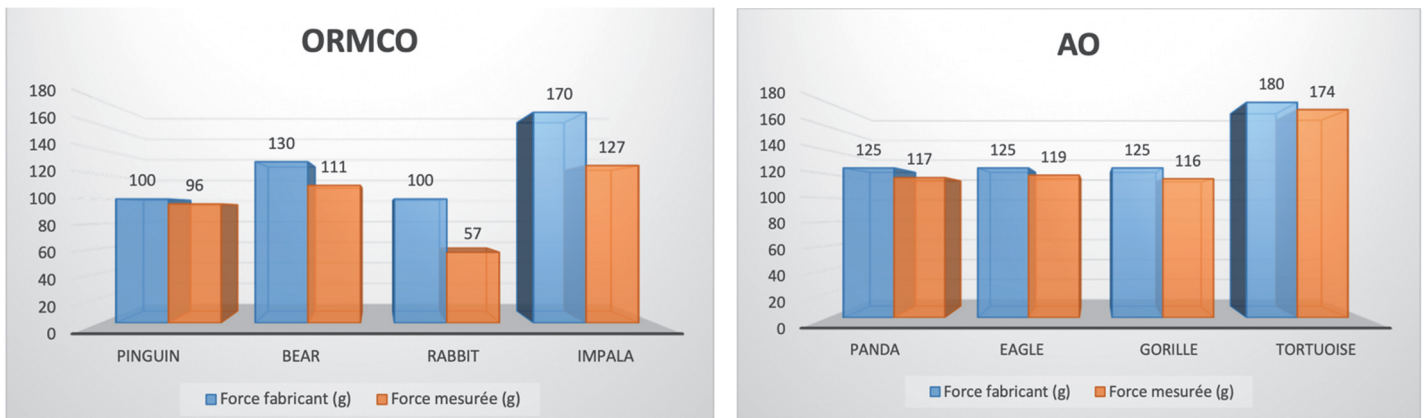


Figure 39 : Diagrammes comparatifs des forces mesurées et annoncées par le fabricant pour 4 types d'élastiques équivalents chez ORMCO et AO d'après l'étude de Dr Cohen et Pr Le Gall³¹

I. Dégradation

Lorsque l'élastique est étiré au-delà de sa phase élastique, les points de moindre homogénéité interne ou externe faiblissent et provoquent la fatigue de celui-ci. Dans le même temps, la friction entre les chaînes moléculaires provoque une fatigue dynamique. C'est le cumul de la détérioration chimique et physique de l'élastique qui provoque fatigue et relaxation, ce qui résulte en une diminution de la force initiale.⁵¹

Le milieu oral est complexe, avec une grande variété de facteurs intriqués comme le pH salivaire, le régime alimentaire, l'hygiène orale et les parafunctions. Les élastiques se dégradent beaucoup plus rapidement dans ce milieu ; ils absorbent la salive, des composés organiques et inorganiques se dissipent, ce qui détériore l'état de surface de l'élastique.

L'étirement excessif de l'élastique contribue aussi à son usure précoce.¹⁰⁵

Selon de nombreux auteurs^{41,104}, il faudrait changer les élastiques toutes les 24h car la dégradation de l'élastique atteint 20 à 30% dans les premières heures (voire 50% après 4 à 5 heures selon Qodcieh et al en 2017¹¹³) puis se stabilise avant de se dégrader à nouveau entre 24 et 48h.

La dégradation se fait plus rapidement pour les élastiques développant les forces les plus lourdes, autour de 6oz soit 170g.¹¹³

Fernandes⁵¹ a conduit une étude testant 3 diamètres d'élastiques de force moyenne chez 3 marques différentes (AO, Morelli et TP), en reproduisant des conditions humides similaires à

la salive. Ses résultats révèlent pour tous les élastiques une baisse de force très rapide de 20% à 30% durant les 3 à 6 premières heures ; pouvant passer de 146g à 112g de force au bout de 12 heures et 103g de force au bout de 24 heures pour les 5/16^{èmes} inch de TP.

En rapport du très faible coût et de la simplicité de changement d'élastique, il est plus intéressant de faire changer les élastiques au minimum toutes les 12 heures afin de se rapprocher le plus possible de la force désirée, et de maintenir une force aussi constante que possible.^{4,106}

Une autre alternative est de choisir des élastiques d'une force supérieure de 20 à 30% à celle désirée, et de les laisser plus longtemps (24 à 48 heures) avant de les renouveler.

J. Élastiques sans latex

Récemment, des réactions d'hypersensibilité au latex ont provoqué des inquiétudes, et les élastiques orthodontiques en latex ont été inclus dans les matériaux pouvant provoquer des réactions allergiques¹⁰⁶.

À travers un questionnaire médical complet, interrogeant sur l'historique familial, les allergies alimentaires (particulièrement à certains fruits : banane, avocat, noisette, kiwi, papaye⁶⁰), il est possible de relever les risques présents et de prescrire des élastiques sans latex par prévention.

Concernant la dégradation des élastiques sans latex, ils se déforment et se dégradent plus rapidement que ceux en latex, et ce pour pratiquement toutes les marques d'élastiques. Les forces générées diminuent plus rapidement que pour des élastiques conventionnels et ils doivent être remplacés régulièrement pour cause de casse.

Selon les études de Oliveira¹⁰⁶, ainsi que Kersey⁷⁸, la dégradation des élastiques sans latex après 24 heures peut atteindre 30 à 45% selon la méthode de l'étude (usure statique ou dynamique), ce qui est presque deux fois supérieur à leurs résultats pour les élastiques en latex. L'étude de Oliveira retrouve chez les marques Dentaurum, G&H, Morelli et Orthopli, une perte d'efficacité des élastiques sans latex systématiquement supérieure à celle de leurs élastiques avec latex.

Cependant, d'autres études comparatives n'ont pas toujours les mêmes conclusions, Kersey⁷⁸ retrouve une usure plus importante des élastiques en latex chez American Orthodontics ; Russel¹¹⁷, également chez GAC et Massel après usure.

En conclusion de son étude comparative de 2003, Kersey⁷⁸ recommande de changer les élastiques sans latex à intervalle de 6 à 8 heures.⁷⁸ En effet, en étirement répété (obtenu par test cyclique) des élastiques American Orthodontics, les élastiques en latex perdent 24% de leurs capacités après 8 heures et 25% après 24 heures ; contre 37% après 8 heures et 47% après 24 heures pour les élastiques sans latex.

En réalité, chaque marque compose ses élastiques sans latex différemment, les conséquences sur la force déployée, la résistance aux conditions de l'environnement et à toutes les contraintes reçues sont donc très constructeur-dépendantes.¹¹⁷

III. Applications cliniques

A. Effets alvéolaires ou squelettiques

De multiples études^{46,58,71,74,103}, ainsi qu'une revue systématique de la littérature datant de 2013⁶⁹, ont été menées pour comprendre quels étaient les effets produits par les élastiques de Classe II dans la correction de ladite Classe II.

L'étude de Nelson et al.¹⁰² comparait rétrospectivement à court et long termes les effets squelettiques et alvéolo-dentaires des élastiques de Classe II par rapport aux bielles de Herbst. Leurs conclusions étaient qu'à court terme, l'appareil fonctionnel de Herbst produisait des effets squelettiques sagittaux contrairement aux élastiques. Mais à long terme, les différences disparaissaient et les deux dispositifs apportaient des résultats à la correction de la Classe II équivalents.

La revue systématique de la littérature⁶⁹ arrive aux mêmes conclusions : les appareils fonctionnels de Classe II produisent de meilleurs effets squelettiques à court terme (2 à 3 ans) mais à long terme, ceux-ci deviennent comparables à ceux des élastiques de Classe II.

Grâce à la revue systématique de la littérature⁶⁹, il a été prouvé que les élastiques provoquent principalement des effets dento-alvéolaires, avec un léger freinage de la croissance maxillaire (par diminution du SNA), une palato-version et rétrusion des incisives maxillaires, une vestibulo-version et protrusion des incisives mandibulaires avec mésialisation molaire. De plus, il se produit une augmentation de l'étage inférieur de la face, la rotation horaire du plan d'occlusion produite durant le traitement a tendance à revenir à la normale à long terme.

Sur 6 études, 5 établissent que la majorité de la correction se fait par mouvement alvéolo-dentaire, et une seule étude de 2008 par Jones⁷⁴ conclut que la correction de la Classe II par élastiques se produit majoritairement par la correction squelettique de la rétrognathie mandibulaire avec anté-positionnement mandibulaire.

Sur le plan cutané, l'épaisseur de tissu des lèvres supérieure et inférieure se trouve augmentée par le traitement par élastiques, et l'angle de ligne esthétique d'Holdaway par rapport au plan de Francfort est diminué.

L'effet alvéolaire observé est à mettre en relation avec le fait que dans les études recensées, la moyenne des forces était faible (73,7g) et sur une durée relativement courte de 8,5 mois. Or, la plupart des effets squelettiques de correction de rétrognathie mandibulaire ont été observés avec des appareillages fixes utilisant des forces lourdes sur de longues périodes.

Dans les années 1980, McNamara, Edwards et Vallie, rapportaient que les élastiques de Classe II portés durant la période de croissance maximale et de développement, pouvaient stimuler la croissance mandibulaire.¹⁰

Toutefois, des études à plus haut niveau de preuve sont nécessaires afin d'établir des conclusions plus précises.

B. Contrôle de l'incisive mandibulaire

1. Risque de vestibulo-version de l'incisive mandibulaire

La position de l'incisive mandibulaire est considérée comme un critère décisif du plan de traitement et un garant de stabilité du traitement orthodontique.

Les analyses céphalométriques déterminent un positionnement idéal de l'incisive mandibulaire. Tweed et Steiner se basent sur des repères crâniens, Ricketts sur des repères dentaires, et Merrifield sur des cutanés.

Cependant, comme nous l'avons évoqué précédemment, un des effets des élastiques de Classe II est de déplacer l'incisive mandibulaire vers l'avant à cause de la composante mésialante. Sans contrôle de cet effet souvent indésirable des élastiques de Classe II, l'orthodontiste expose le patient à des risques.

1.1. Risque parodontal

Il est admis que pour une bonne santé parodontale, l'incisive doit se trouver dans un tissu kératinisé suffisant en hauteur et en épaisseur et éloignée de la corticale externe.

De récentes études ont recherché le lien qui existerait entre les mouvements orthodontiques réalisés et les conséquences parodontales comme les récessions gingivales.

En 2010, une revue systématique de la littérature⁷⁵ apportant peu de conclusions établit que la tendance à la récession gingivale est plus marquée pour les dents ayant été vestibulo-

versées ou déplacées en dehors de leur couloir osseux, mais admet qu'il nécessite des études supplémentaires concernant le biotype parodontal et un examen de l'hygiène.

En 2011, une deuxième revue systématique de la littérature¹¹ conclut qu'il n'y a pas de lien entre le mouvement vestibulaire des incisives et l'apparition de récessions, avec une nouvelle fois un manque de données concernant le contexte parodontal initial ou l'hygiène.

Toutes les conclusions des études montrent qu'il n'existe pas de lien entre l'apparition de récessions et des incisives ayant été linguo-versées, maintenues ou vestibulo-versées.

Enfin, d'autres études concernant cette fois le torque corono-vestibulaire de l'incisive mandibulaire établissent un lien avec le développement de défauts gingivaux.

Bien que les preuves concernant les mouvements dentaires manquent, celles qui concernent la causalité entre inflammation parodontale et récessions sont bien présentes. Il est donc capital de surveiller la santé parodontale des patients en cours de traitement chez qui le risque d'inflammation est fortement augmenté.

1.2. Risque de récurrence

Les dents se trouvent dans un couloir d'équilibre de forces exercées à la fois par les muscles péri-oraux et par la langue, c'est ce que l'on appelle « l'équilibre neuro-musculaire » ou ce que Château a appelé « le couloir dentaire ».

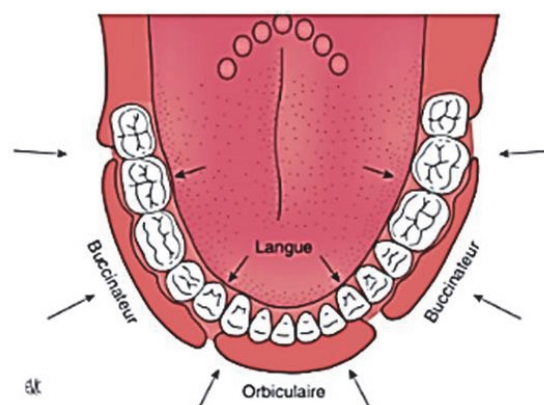


Figure 40 : Le couloir dentaire selon Château⁹⁷

En sortant les incisives de cet équilibre musculaire, le risque de récurrence de traitement est important. Dans leurs critères de stabilité de traitement Blake et Bibby¹¹⁶, ainsi que de nombreux autres auteurs comme Tweed, énoncent que la position la plus stable des incisives

mandibulaires est la position qu'elles occupent en pré-traitement, les avancer compromet sérieusement la stabilité.

Changer la forme des arcades dentaires sans modifier le jeu des fonctions qui l'a dessiné conduit tout droit à la récurrence qui peut se produire malgré la contention si les forces en présence sont supérieures.

1.3. Risque occlusal

La fonction occlusale majeure des incisives mandibulaires est leur rôle de guide proprioceptif. Le mouvement de propulsion se fait en deux phases. Dans la première, la pente incisive formée par la face palatine des incisives maxillaires est faible, c'est la pente condylienne qui provoque la désocclusion. Mais dans la seconde phase, c'est la pente incisive qui joue le rôle de désocclusion et donc protection des secteurs postérieurs. Cette pente doit être idéalement de 10° supérieure à la pente condylienne.⁴⁴

Huffer⁶⁴ dit que « placer les incisives de telle façon qu'elles provoquent la disclusion des arcades est un objectif du traitement orthodontique ».

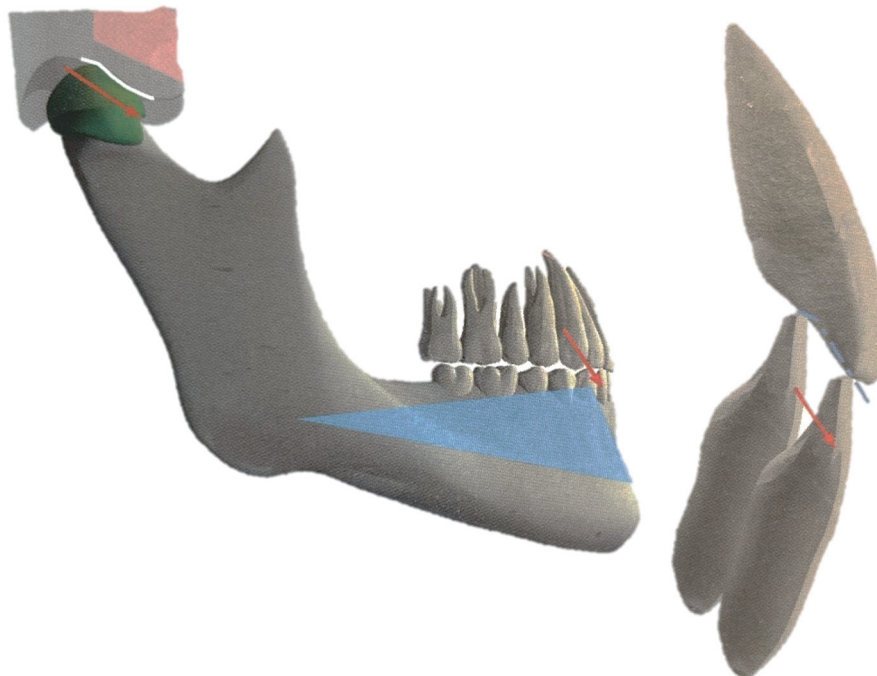


Figure 41 : Guide antérieur et pente condylienne permettent la désocclusion postérieure⁴⁴

2. Maîtrise du risque de vestibulo-version de l'incisive mandibulaire

2.1. Torque corono-lingual incisif

Le torque corono-lingual actif appliqué à l'incisive mandibulaire, permet de contrôler partiellement l'effet de vestibulo-version de celle-ci lors de l'application de la mécanique de Classe II.

Le torque peut s'ajouter par incorporation sur l'arc (courbe de 3^{ème} ordre) ou directement pré-informé dans le bracket. Il ne faudra pas oublier que la lecture totale des informations ne se fait que si l'arc remplit pleinement la gorge du bracket, soit si on travaille en pleine taille.

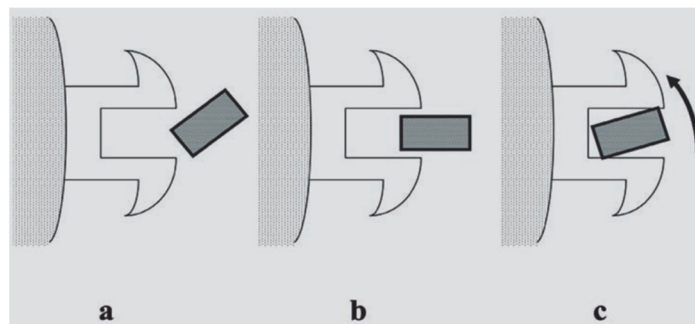


Figure 42 : a et b : Introduction de l'arc dans la gorge sous torsion axiale élastique / c : retour élastique selon le jeu dans le bracket : perte d'information du torque⁴⁹

Dans le cas contraire, il faudra peut-être ajouter du torque supplémentaire selon la quantité de perte d'information.

Calcul de la perte d'information de torque par l'utilisation d'arcs sous-dimensionnés :

La perte d'information, alpha, est donnée par la formule classique : $a \sin \alpha + b \cos \alpha = e$

Où a et b désignent les paramètres de la section du fil rectangulaire et e, l'épaisseur de la gorge.

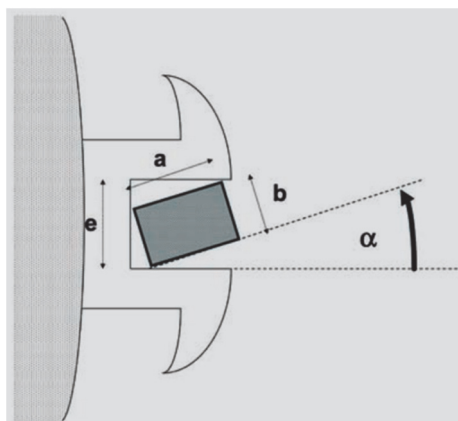


Figure 43 : Calcul de la perte d'information ou jeu du torque due au sous-dimensionnement de l'arc⁴⁹

Dans des brackets de 0,022 x 0,028-in, un arc de 0,016 x 0,022-in perd 21,9° de lecture de torque ; un arc en 0,019 x 0,025-in perd 9,6° de lecture de torque ; et, enfin, un arc considéré pleine taille de 0,0215 x 0,0275-in perd seulement 2° de lecture de torque. Dans des brackets en TGO (technique de glissement optimisé) avec une gorge de 0,020 x 0,028-in dans le secteur antérieur, un arc de dimensions 0,019 x 0,025-in perd 3° de lecture de torque. Pour une estimation simplifiée, nous pouvons grossièrement dire que 3° de torque sont perdus pour chaque millième d'inch de différence entre la taille du fil et du bracket dans la dimension verticale.

Afin d'obtenir un mouvement radiculaire dans la lecture du torque, et éviter l'ouverture de diastèmes entre les incisives, il faudra empêcher le mouvement coronaire de s'exprimer en maintenant la longueur d'arcade. Il est à noter qu'ajouter du torque corono-lingual sur des incisives déjà vestibulo-versées sans diastèmes disponibles pour le repositionnement coronaire, se traduira par un mouvement radiculaire vestibulaire. Ce mouvement présente un risque parodontal de fenestration et déhiscence important en sortant l'apex de la corticale osseuse en antérieur.

Le torque corono-lingual incisif permet de contrôler une part de vestibulo-version incisive, mais n'empêche pas les mouvements de translation, ni global de l'arcade mandibulaire en antérieur. Si les incisives ne se versent pas en vestibulaire, elles peuvent tout de même se déplacer en gression en direction vestibulaire, ce qui risque de faire sortir toute la racine de la corticale et de compromettre l'avenir parodontal d'une ou plusieurs incisives.

2.2. Préparation d'ancrage

Afin de lutter contre cet effet de vestibulo-version incisive, les orthodontistes ont de tout temps proposé différentes méthodes.

2.2.1. Méthode de Tweed-Merrifield

Tweed, puis Merrifield ont mis au point la technique de préparation d'ancrage au sein de la technique Edgewise pour satisfaire l'objectif principal de positionnement des incisives mandibulaires selon leurs critères. Ces critères sont considérés sévères aujourd'hui car indiquant souvent des extractions de prémolaires. La préparation d'ancrage a pour but de préparer les dents à résister aux forces égressives et mésialantes des tractions inter-arcades

et d'aider au nivellement de la courbe de Spee vers le distal pour libérer de l'espace en antérieur.

Celle-ci a lieu dès la phase d'alignement et nivellement terminée. Pour ce faire, les secteurs postérieurs mandibulaires sont placés en position de résistance aux effets de vestibulo-version des élastiques de Classe II, soit en version corono-distale ou en piquet de tente.

Initialement, Tweed préconise l'utilisation d'une FEO (force extra-orale) à traction basse pour stabiliser l'arcade maxillaire, associée à une mécanique de Classe III visant à disto-verser l'ensemble de l'arcade mandibulaire. Par la suite, Merrifield propose le système 12-2 (sans extraction) ou 10-2 (avec extractions), avec l'emploi de HPHG (high pull head-gear) et une préparation d'ancrage séquentielle dent par dent.

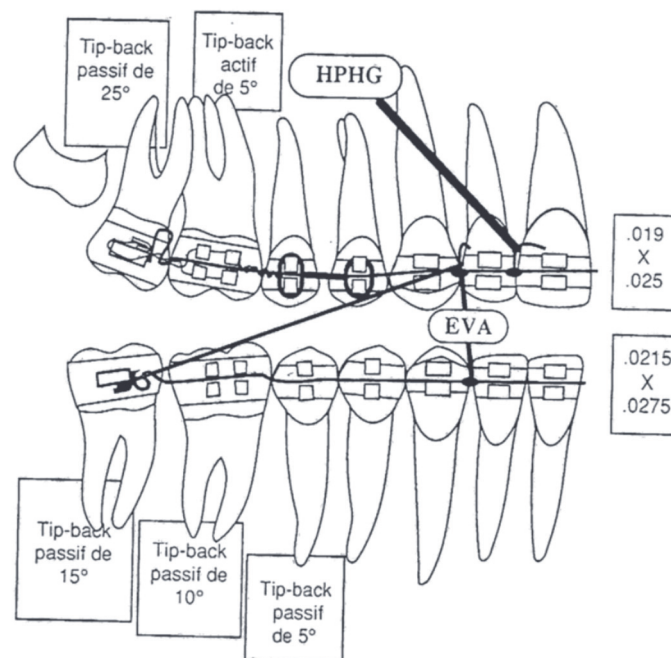


Figure 44 : La mécanique de Classe II selon Tweed et Merrifield⁶³

2.2.2. Méthode bioprogressive de Ricketts

La méthode bio-progressive de Ricketts, à la différence de la méthode de Tweed-Merrifield, ne suit pas un protocole identique pour chaque patient. Dans le cadre du port d'élastiques de Classe II, l'objectif est de créer un ancrage mandibulaire pour que l'arcade résiste aux effets parasites des élastiques. Dans les cas où la croissance mandibulaire n'a pas été favorable à la correction de la Classe II malgré la levée des verrous, le travail d'obtention de la Classe I se fera au maxillaire par sectionnels pour reculer les dents maxillaires en sollicitant le moins possible l'ancrage mandibulaire.

Elle s'attache à commencer par le nivellement et alignement des secteurs latéraux par sectionnels, puis à leur stabilisation afin de constituer une « unité passive », soit un ancrage. Dans un temps suivant, l'utilisation des élastiques de Classe II pourra débuter avec l'appui de dispositifs variés comme l'arc de base, l'arc lingual, la force extra-orale ou encore le lip bumper.

Cette méthode s'appuie aussi sur l'ancrage passif, musculaire et cortical décrit par Ricketts.

2.3. Ancrage osseux

Le contrôle de l'ancrage qui est capital à tout traitement d'orthodontie maîtrisé, peut nécessiter l'utilisation de forces extra-orales, forces directionnelles, lip bumper, ou autres dispositifs difficiles à imposer aux patients.

L'essor des mini-vis il y a une vingtaine d'années, a permis un nouveau tournant concernant l'ancrage pour l'orthodontie moderne en proposant une alternative plus confortable aux ancrages traditionnels. Pour Melsen⁹⁵, l'ancrage squelettique consiste en un ancrage « intra-osseux extra-dentaire ». Selon une étude épidémiologique de 2015, 66% des praticiens français les utilisent désormais dans leur pratique.¹⁶

Les ancrages osseux ont de multiples indications et « fournissent un ancrage d'excellente qualité, permettant une mise en charge immédiate ».¹⁶ Ils peuvent être utilisés en ancrage direct, c'est à dire avec une force directement reliée à la vis sans appui sur les dents. Cela implique que la direction de la force appliquée dépend directement du positionnement de la mini-vis, qui, pour des raisons anatomiques évidentes ne peut pas toujours être idéal.

Inversement, la mini-vis peut servir d'ancrage indirect, où une dent ou groupe de dents est lié à la mini-vis de façon à lui donner un ancrage presque total.

2.3.1. Ancrage par mini-vis durant la préparation d'ancrage de Tweed-Merrifield

Les mini-vis peuvent être employées en technique directe par un positionnement au niveau postérieur maxillaire. Ainsi, le patient peut porter des élastiques de Classe III directement sur les mini-vis pour la préparation d'ancrage aux élastiques de Classe II sans sollicitation de l'ancrage molaire maxillaire.

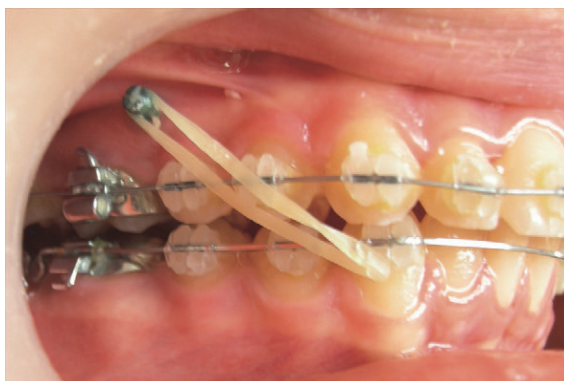


Figure 45 : Utilisation d'une mini-vis maxillaire comme ancrage pour des TIM de classe III pour préparer l'ancrage mandibulaire²¹

Alternativement, il est possible de les positionner au niveau palatin ou vestibulaire au maxillaire afin de s'en servir d'ancrage indirect. Il faudra alors ligaturer les secteurs postérieurs maxillaires aux mini-vis pour leur donner de l'ancrage avant de positionner des élastiques de Classe III sur les molaires.

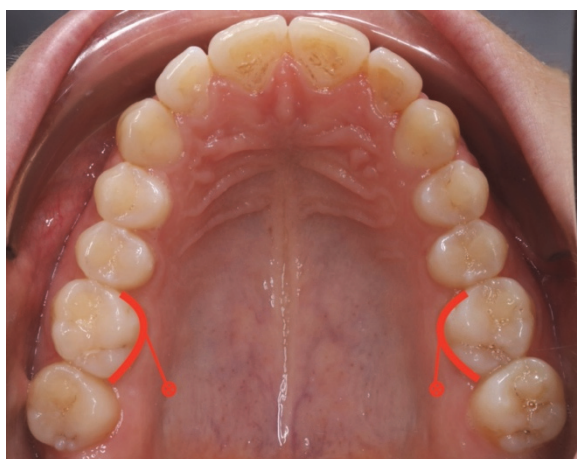


Figure 46 : illustration du positionnement des mini-vis palatines en renfort d'ancrage maxillaire pour le port des élastiques de Classe III lors de la préparation d'ancrage mandibulaire (collection personnelle)

2.3.2. Contrôle des effets parasites des élastiques de Classe II par l'utilisation des mini-vis

Les mini-vis peuvent être positionnées à la mandibule et reliées aux incisives par divers dispositifs intra-arcade afin de contrôler la vestibulo-version inhérente aux élastiques de Classe II.

Dans cet exemple, la mini-vis mandibulaire située entre les 6 et 7 permet de tenir l'arc mandibulaire en antéro-postérieur par ligature à la potence située sur l'arc. Par ce moyen, la

composante de traction en mésial de l'arcade mandibulaire et la vestibulo-version des incisives sont contenues.

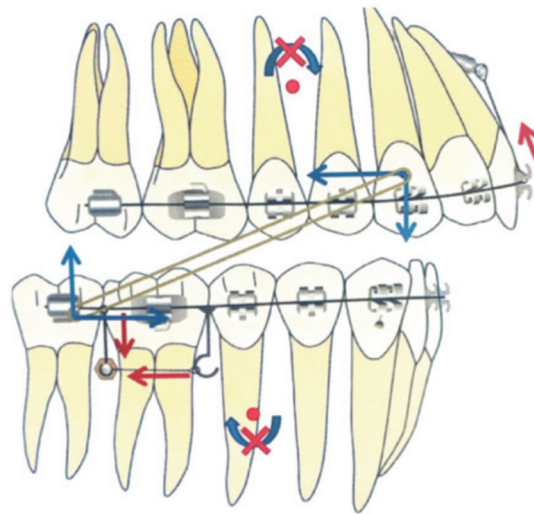


Figure 47 : Inhibition de la composante mésialante des TIM de Classe II : contrôle de la vestibulo-version des incisives mandibulaires pendant le port des élastiques de Classe II⁴⁷

C. Moment d'utilisation des élastiques de Classe II

De nombreux orthodontistes sont en désaccord sur le moment d'intégration des élastiques de Classe II dans le traitement. Il est évident qu'en préalable à leur utilisation, il est nécessaire de lever la supraclusion et mettre à plat la courbe de Spee pour avoir le surplomb nécessaire au glissement des arcades.⁸³ Seulement, si cette phase est complétée dès les premiers arcs de nivellement-alignement en NiTi, faut-il attendre d'avoir placé des arcs aciers de forte section pour utiliser des élastiques de Classe II ou serait-il possible d'entamer la correction du sens antéro-postérieur plus tôt dans les étapes de traitement ?

Les élastiques de Classe II utilisés précocement peuvent servir à diriger l'alignement dentaire et le glissement de l'arc vers le distal. En effet, un des effets parasites de l'alignement est le « forward effect »⁸³ : au moment de l'alignement, en raison de l'orientation des tubes molaires au maxillaire, l'arcade dentaire maxillaire se trouve légèrement projetée vers l'avant. Alors que la longueur d'arcade augmente par l'alignement des dents, la Classe II dentaire s'en trouve augmentée également.

De plus, lors de la lecture du torque antérieur dans une Classe II, 1 avec pro-alvéolie, il faut que l'arc glisse en distal afin que le redressement de l'incisive se produise vers l'arrière, et non par un mouvement vestibulaire de la racine.⁸⁵

L'autre avantage certain à l'emploi précoce d'élastiques afin de corriger un décalage antéro-postérieur, est celui avancé par Pitts¹¹¹ de profiter de la coopération du patient tant qu'elle est encore présente, c'est à dire aussi tôt que possible dans le traitement.

Cependant, il ne faut pas oublier que le contrôle de l'arcade est faible sur ces arcs, laissant libre cours à l'expression de tous les effets indésirables des élastiques de Classe II.

Pour cela, Pitts¹¹¹ recommande de ne jamais dépasser une force de 2oz avec les élastiques utilisés en phase d'alignement et nivellement.

Aussi, leur utilisation avant l'alignement total peut créer des effets de coin comme l'arc-boutement. Si la force exercée est plus importante que la résistance de l'arc, le pli sur l'arc devient trop fort (au-delà de 13°) : la dent se verse à cause du jeu du fil dans le bracket et crée un pincement qui empêche tout déplacement de la dent.⁸⁵ Le choix de la force de l'élastique doit être en rapport avec la résistance de l'arc utilisé.

Stanley¹²² a réalisé une étude permettant de comparer in vitro et dans les 3 dimensions, les effets des élastiques de Classe II de forces légères et lourdes sur les arcs les plus souples et plus rigides habituellement utilisés en cabinet, à savoir des élastiques de 2oz et 4,5oz de diamètre 3/16^{ème}-in (57g et 128g et 4,8mm de diamètre), sur un arc en NiTi 0,014-in et un arc en acier 0,019 x 0,025-in.

Les résultats montrent que les élastiques légers produisent aussi les effets antéro-postérieurs et verticaux auxquels nous nous attendons, il n'est pas nécessaire de déployer des forces importantes pour cela. De plus, les élastiques légers réduisent de façon considérable les effets de distalisation et extrusion canine maxillaire et de mésio-version molaire mandibulaire sur les deux types d'arcs. Il paraît donc avantageux d'utiliser des élastiques légers qui produisent les effets nécessaires à la correction de la Classe II, tout en minimisant les effets indésirables. L'arc en acier 0,019 x 0,025-in présente tout de même l'avantage certain de diminuer la composante verticale de la force déployée par l'élastique, contrairement à celui en NiTi 0,014-

in. Cet aspect est très important à prendre en compte, chez les patients hyperdivergents notamment car il est à éviter à tout prix.

À la lumière de ces résultats, nous pouvons dire qu'il convient de moduler notre utilisation des élastiques en fonction de la situation plus globale du patient, et des effets indésirables qu'il peut supporter ou non. Les élastiques de plus faible force (2oz) sont globalement plus avantageux que les plus lourds, et peuvent être appliqués sur des arcs de faible résistance. Une des limites principales de cette étude est le facteur temps qui ne peut être exploré, elle décrit les forces initiales mais ne prédit en aucun cas le mouvement réel des dents au cours du temps et après les premiers déplacements dentaires.

Afin de s'affranchir des effets parasites purement dentaires, il est également possible de positionner les élastiques sur des crochets clipés ou soudés sur les arcs (la soudure n'étant pas possible sur les arcs en NiTi).⁸⁵

Il existe un autre effet parasite des élastiques de Classe II qui va à l'encontre de la correction de cette dysmorphose, c'est l'effet de « reverrouillage » d'arcade décrit par Patti.¹¹⁰

Si on observe l'effet des élastiques de Classe II en vue occlusale, on note un effet de constriction de l'arcade maxillaire et d'expansion de l'arcade mandibulaire due à la position plus extérieure de l'arcade maxillaire. Ceci conduit à l'effet de reverrouillage de l'occlusion. De plus nous pouvons voir à l'aide du schéma que lors du recul de l'arcade maxillaire, la distance inter-canine n'augmentant pas, elle provoque un verrouillage transversal et donc antéro-postérieur de l'arcade mandibulaire au niveau canin.

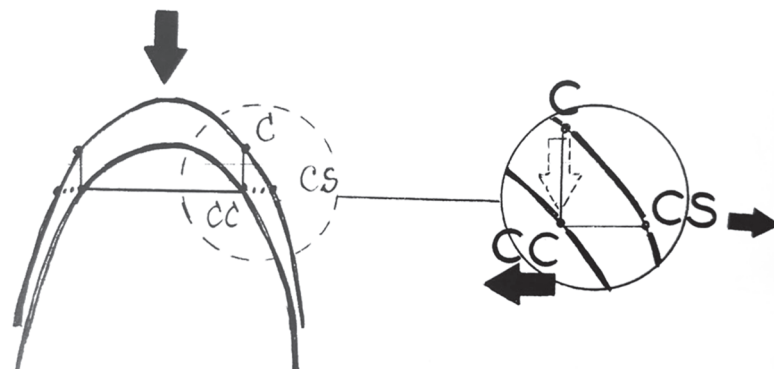


Figure 48 : Illustration de l'effet de reverrouillage d'arcade lié au port d'élastiques de Classe II sur arc continu. En C la position canine maxillaire initiale ; en CC sa position suite au port d'élastiques de Classe II sur arc continu ; en CS sa position obtenue par un port d'élastiques sur sectionnels au maxillaire qui autorise une expansion transversale et par conséquent un déverrouillage de la malocclusion.¹¹⁰

Pour s'affranchir de ce problème, il faudrait donc positionner les élastiques sur des sectionnels au maxillaire, ou réaliser une expansion transversale maxillaire suffisante préalable à la phase de correction de la dimension antéro-postérieure. Or les arcs en NiTi ont une grande souplesse dans la dimension transversale à l'échelle de l'arcade, ils ne sont pas très efficaces pour corriger rapidement une insuffisance transversale maxillaire. Pour s'assurer de l'expansion suffisante, il faut faire réaliser une propulsion au patient jusqu'à atteindre la Classe I canine et contrôler l'absence de contact prématuré canin ou insuffisance transversale.

D. Élastiques sur ancrages osseux

Afin de s'affranchir des effets alvéolo-dentaires indésirables des élastiques de Classe II, il est possible depuis quelques années d'utiliser des ancrages osseux en adjonction à un appareillage fixe (par exemple le Forsus Fatigue Resistant Device combiné à un ancrage par mini-vis) ou alors des mini-plaques en support direct d'élastiques de Classe II ou de Classe III, telles les plaques de De Clerck. Selon une revue de la littérature¹²⁷, les mini-plaques ont un excellent taux de réussite allant de 91,5 à 100%, avec une durée de cicatrisation allant de 1 à 8 semaines et pouvant supporter des forces jusqu'à 450g sans problème, et des effets indésirables parfaitement tolérables : inflammation gingivale modérée, infection et récessions gingivales, le tout pour un faible coût.

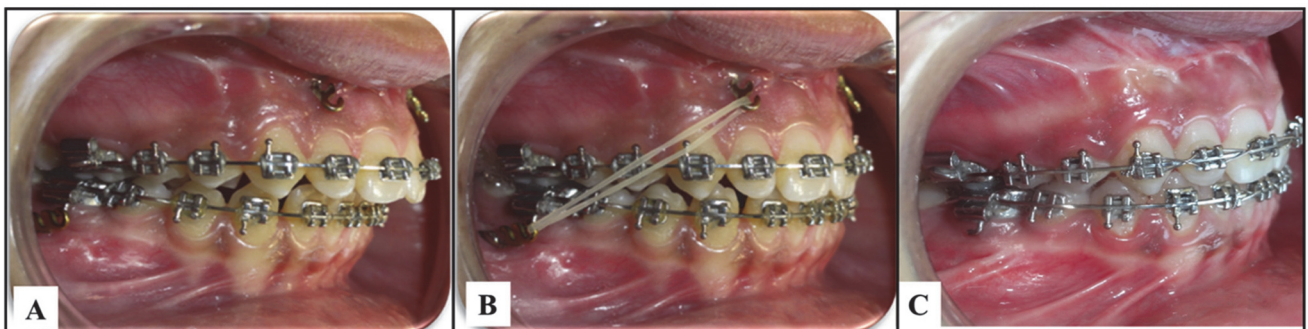


Figure 49 : A : Les miniplaques de l'étude de Al-Dumaini après cicatrisation, B : application des élastiques inter-arcades, C : finitions en Classe I molaire et canine.⁵

Une étude pilote de 2017 réalisée par Ozbilek¹⁰⁷ évalue les effets squelettiques, dento-alvéolaires et cutanés de cette dernière technique chez des patients en rétrognathie mandibulaire et période de croissance ; par comparaison avec un appareil plus conventionnel qui est un activateur monobloc de Classe II.

Les résultats démontrent un accroissement de la longueur mandibulaire significativement plus important chez les patients avec élastiques sur ancrage osseux ; ainsi qu'un très bon contrôle incisif mandibulaire allant jusqu'à la rétrusion incisive mandibulaire. Cette technique permet donc de s'affranchir des effets parasites des élastiques de Classe II avec de très bons résultats sur la correction du défaut squelettique. Cette méthode permet également d'utiliser une mécanique de Classe II sans appareiller les dents, ce qui représente un avantage majeur pour les patients ne présentant pas ou peu de verrous liés à la Classe II chez qui il devient possible de corriger la dimension antéro-postérieure avec une gêne grandement diminuée.



Figure 50 : Vue intra-orale des élastiques de Classe II positionnés sur mini-plaques d'ancrage dans l'étude de Ozbilek¹⁰⁷

Une seconde étude de Al-Dumaini en 2018⁵, cette fois-ci en association à un multi-attaches et en comparaison avec un groupe contrôle, démontre des résultats significatifs en 9 mois en moyenne sur la mandibule avec un agrandissement du corpus et du ramus en rotation antérieure ; mais également sur le maxillaire par recul de celui-ci. À nouveau, les conclusions sont en faveur d'une correction de la Classe II par effets majoritairement squelettiques.

Cette nouvelle technique thérapeutique semble très prometteuse puisqu'elle permet de corriger des rétrognathies mandibulaires chez des patients en Classe II dentaire totale, à condition qu'ils soient en période de croissance. Elle constitue une potentielle alternative moins invasive, à la chirurgie de Classe II chez certains patients.

E. Stabilité de la correction de Classe II

Les objectifs de traitement pour chaque patient doivent être individualisés pour déterminer lesquels seront primordiaux ou accessoires dans chaque dimension de l'espace. Il existe tout de même différents critères à respecter pour maintenir une stabilité à la fin d'un traitement orthodontique de classe II.⁸⁰

1. Critères fonctionnels

Le premier critère à observer est la correction des troubles fonctionnels car ils sont à la source de la dysmorphose par les déséquilibres qu'ils ont entraînés ; ils sont donc responsables du pronostic. Si leur correction est négligée, même partiellement, alors le risque de rechute est majeur voire inévitable. On ne parlera pas de récurrence si de l'os a été construit durant le traitement car il demeurera présent.

Dans le cas de correction de Classe II squelettique, la fonction ventilatoire et le positionnement lingual sont capitaux, il faut que les lèvres soient fermées au repos, ce qui est permis par une ventilation nasale stricte.⁸⁰

2. Critères occlusaux

Les incisives doivent respecter un angle normal entre elles, et avec leur base osseuse, le contact incisif est rétabli et stable.

Cependant, il est impossible de donner une valeur d'angle inter-incisif car chaque patient a des besoins différents en torque (par ses décalages de bases osseuses, son ethnie, la technique utilisée etc...). Demange⁴⁰ établit simplement que le degré de torque incisif supérieur doit être supérieur à 0° par rapport à la verticale,

Les canines doivent être en Classe I en OIM (occlusion d'intercuspidation maximale) et en fonction dans les mouvements de diduction permettant une fonction canine correcte ou fonction de groupe. Les molaires doivent être en Classe I.

La position d'OIM se trouve habituellement 1 à 2mm en avant de la position d'ORC (occlusion en relation centrée). Un port assidu des élastiques peut provoquer une double occlusion, c'est à dire une position de Classe II dentaire corrigée en propulsion involontaire par occlusion de convenance. Il convient de vérifier cette double occlusion en manipulant le patient en ORC avant de cesser le port des élastiques.⁸³

3. Critères radiologiques

C'est le critère le plus fiable de réussite du traitement. Il faut réaliser une téléradiographie de profil en début de traitement, puis après la correction clinique de la Classe II et une dernière à la fin du traitement. Grâce à la superposition des tracés selon Björk ou Delaire⁸⁰, il est possible d'observer la réalité du traitement de correction de Classe II, que ce soit de la croissance mandibulaire ou de la compensation alvéolo-dentaire du décalage squelettique.

Lorsque le diagnostic initial était une pro-alvéolie maxillaire ou une rétro-alvéolie mandibulaire, ou encore une promaxilie, le résultat doit être un retour à la normale avec un maintien par contention.⁸⁰

Lorsque le diagnostic était au contraire une rétrognathie mandibulaire, la distinction se fait sur l'origine fonctionnelle ou non, car une unité squelettique sensible aux forces fonctionnelles aura plus de risques de récurrence. Kolf énonce qu'« il faudra être plus exigeant avec le traitement des brachycorpiques qu'avec le traitement des hyporamies ».⁸⁰

La correction osseuse doit être suffisante pour permettre à l'enfant un contact labial non forcé, spontané.

Un certain degré de compensation alvéolo-dentaire est acceptable tant que l'angle inter-incisif reste dans la norme et que l'angle entre les premières molaires reste inférieur à 180°.

4. Contention

La principale source de récurrence de Classe II se trouve dans les dysfonctions pas, ou insuffisamment, corrigées. Il faudra également veiller à l'absence de para-fonctions, particulièrement d'habitudes de succion non nutritives.²²

Dans les cas de Classe II, 1 traitées, les risques majeurs de récurrence se trouvent dans la forme d'arcade maxillaire qui subit les contraintes de l'environnement. Il faudra veiller à la contenir assez longtemps pour que la sangle musculaire s'adapte au nouveau positionnement dentaire. De plus, les déplacements orthodontiques importants sont plus propices à une récurrence et devront faire l'objet d'une contention appropriée comme un fil de contention collé par exemple.

Enfin, la quantité de croissance résiduelle peut être à l'origine de l'apparition tardive d'un encombrement antérieur mandibulaire, ou de la réouverture d'une béance chez les hyperdivergents.

Dans les cas de correction de Classe II, 2, les préoccupations ne sont pas les mêmes concernant la stabilité du traitement. Le contexte musculaire particulier et hypertonique occasionne beaucoup de récives. La sangle labiale tend à lingualer les incisives, par augmentation de l'angle inter-incisif, le maintien de la dimension verticale n'est plus contenu et la supraclusion tend à réapparaître. Les muscles élévateurs, eux, créent une tendance à l'ingression des secteurs latéraux. C'est pourquoi la correction des dysfonctions et la détente de la sangle labio-mentonnière sont capitales dans le traitement de ce type de malocclusion.

Une hypercorrection des axes incisifs et de leur recouvrement ainsi qu'un positionnement antéro-postérieur des incisives mandibulaires correct augmentent la stabilité du traitement.

Les dispositifs de contention utilisés peuvent être un fil collé incisivo-canin mandibulaire et une contention de l'axe et de la hauteur des incisives maxillaires comme une gouttière thermoformée nocturne, ou des composites en butée au niveau du cingulum.

IV. Risques associés aux élastiques de Classe II

A. Conséquences sur les ATM

1. Lien entre apparition de DTM et orthodontie

L'origine des dysfonctionnements temporo-mandibulaires (DTM) est multifactorielle et complexe. Plusieurs facteurs sont suspectés d'en être à l'origine, à savoir : facteurs occlusaux, posturaux, traumatiques, systémiques, et probablement le plus significatif étant le psychosocial.⁵⁷

De nombreuses études ont été menées concernant l'étiologie de l'orthodontie dans les DTM, toutes les conclusions des études, méta-analyses, études de cohortes... ont montré qu'il n'y avait pas de relation entre orthodontie et DTM.⁹² Néanmoins il persiste toujours un doute et un débat autour de l'implication possible du traitement orthodontique, et tout particulièrement des élastiques inter-arcades, dans la genèse des DTM.

Dans la population générale, l'apparition de DTM augmente de façon très importante à l'adolescence jusqu'à atteindre un pic vers 20-22 ans. Or cet âge coïncide avec celui de la majorité des patients traités en orthodontie, un lien fortuit peut donc être fait à tort. À ce jour, les seuls réels indicateurs prédictifs de DTM chez les jeunes adultes sont la présence de DTM à l'adolescence et le sexe féminin.⁹¹

Cependant, les TIA favorisent un positionnement antérieur de la mandibule et donc un positionnement antérieur du condyle dans sa cavité glénoïde.

Une étude de 2019 par Gurbanov et al.⁶² a montré que les forces orthodontiques utilisées pendant les traitements multi-attaches augmentent le stress sur les ATM, surtout chez les patients en Classe II. Si le disque est dans une position antérieure, les dommages peuvent être plus importants sur le tissu rétrodiscal. Il est possible qu'une mauvaise relation occlusale transitoire et les forces mécaniques associées dépassent les capacités d'adaptation du patient.

De plus, l'hyperlaxité, qui se caractérise par un mouvement excessif des articulations, augmente le risque de développer des DTM, particulièrement lorsque des parafunctions sont associées.⁷⁷ L'hyperlaxité peut aussi être liée à un dérèglement hormonal, ce qui augmente la proportion de DTM chez les femmes.^{33,77}

2. Conduite à tenir avec les patients à DTM

2.1. Chez les patients présentant déjà des DTM avérées avant le traitement

Saulue et Kohaut¹²⁰ ont établi une marche à suivre dans cette situation en s'appuyant sur les recommandations publiées par l'American Academy of Orofacial Pain en 2008. La première chose à faire est de dépister les DTM ou leurs risques d'apparition chez les patients au moment de l'examen clinique et d'en poser le diagnostic. Ensuite il faut diminuer la douleur si elle est présente grâce à un protocole conservateur qui inclut la pharmacothérapie, les conseils, les thérapies comportementales, les exercices de physiothérapie au domicile, les thérapies physiques et/ou les orthèses. Il ne faudra pas démarrer le traitement orthodontique pendant la phase douloureuse.

Enfin, lorsque la douleur est maîtrisée et que la maladie est stable depuis longtemps, le traitement orthodontique peut débuter. Les symptômes des DTM étant fluctuants et imprévisibles, ils pourront émerger à nouveau pendant le traitement orthodontique. Il faudra avoir pris le soin d'informer le patient correctement de ce risque qui concerne en réalité toute la population car sa prévalence est très importante.

2.2. Chez les patients présentant des DTM pendant le traitement

Lorsque les DTM arrivent au cours du traitement d'orthodontie, il faut également commencer par poser le diagnostic. Puis il faut interrompre temporairement le traitement actif, dans le cas des élastiques, il faudra arrêter leur port. Enfin, il faut procéder au même protocole de diminution de la douleur que cité précédemment, et une fois la douleur maîtrisée, la reprise du traitement est possible. Il sera parfois nécessaire d'adapter le plan de traitement, et envisager de se passer des élastiques de Classe II si ceux-ci sont trop problématiques pour le patient.⁶²

De plus par principe de précaution, l'université de Lyon⁵⁷ recommande d'utiliser des élastiques de forces légères sur les patients présentant déjà des signes de DTM, les hyperlaxes et ceux ayant des parafunctions.

Afin de conserver les résultats, Kohaut³⁶ conseille d'une part de respecter les critères occlusaux de finitions habituels, mais aussi de contrôler le comportement du patient qui devra avoir une mastication bilatérale alternée et aucune parafunction.

La vigilance sera de mise chez ces patients durant tout le traitement. Il faudra veiller à ce que leur capacité d'adaptation ne soit pas dépassée afin de ne pas transformer une symptomatologie silencieuse en phase aigüe dysfonctionnelle ou douloureuse.¹²⁰

B. Risques de résorptions radiculaires

Un des risques imputables à tout traitement d'orthodontie est celui de provoquer des résorptions radiculaires. La résorption pathologique est souvent une conséquence iatrogène du traitement orthodontique et consiste en une perte de cément et dentine radiculaire, se manifestant radiologiquement par une diminution de la longueur radiculaire. Selon Bassigny, des résorptions radiculaires apparaissent dans 50 à 60% des cas après traitement, mais 9 fois sur 10 elles sont sans signification clinique. Le seuil de tolérance pour lui est de 2mm.¹¹⁸

La classification la plus utilisée est celle de Levander et Malmgren⁹⁰ (1988), elle classe les résorptions radiculaires en 5 stades :

- 0 : Absence de résorption radiculaire apicale ;
- 1 : Contour radiculaire irrégulier, longueur radiculaire normale → Apex émoussé ;
- 2 : Résorption radiculaire apicale de moins de 2mm → Résorption mineure ;
- 3 : Résorption radiculaire apicale, allant de 2mm au premier 1/3 de la longueur radiculaire → Résorption sévère ;
- 4 : Résorption radiculaire dépassant le premier tiers de la longueur radiculaire → Résorption extrême.

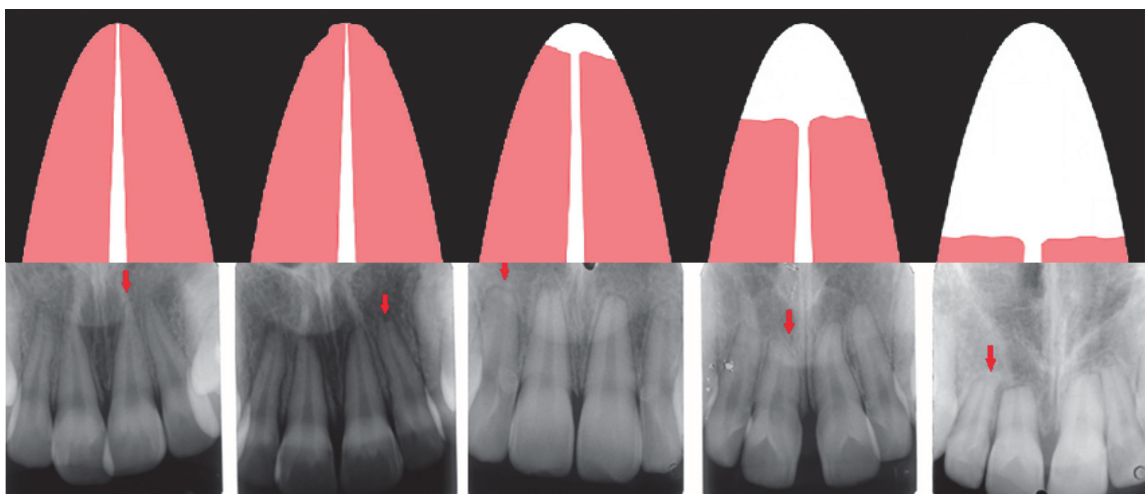


Figure 51 : Stades de résorption radiculaire selon Levander et Malmgren⁹⁰ et leurs correspondances radio⁶⁸

Il existe une multitude de facteurs de risque aux résorptions apicales, les principaux étant la quantité de déplacement apical, le type de malocclusion, le type de mouvement orthodontique ou la durée du traitement. Quant aux facteurs mécaniques, le type et la quantité de force appliquée, en sont les principaux déterminants.⁶⁸

1. Les résorptions radiculaires dans les traitements de Classe II

Une revue systématique de la littérature datant de 2014¹²⁵ a étudié les résorptions radiculaires apicales provoquées par les traitements orthodontiques non chirurgicaux sur les incisives de patients initialement en Classe II, 1. Ce que les auteurs ont relevé était une prévalence élevée de résorptions radiculaires apicales (66% à 98%) de sévérité légère à modérée. Une corrélation a été établie entre la durée du traitement et la présence de résorptions, mais aucune avec le sexe du patient.

Les preuves manquent encore, mais à ce jour, il est supposé que le traitement des Classes II, 1 non chirurgicales augmente la prévalence et la sévérité des résorptions en relation avec la quantité de malposition des racines des incisives et la durée de traitement.

2. Les résorptions radiculaires liées aux élastiques de Classe II

L'étude de Janson⁶⁸ comparant des cas similaires de Classe II traités avec des élastiques ou avec une Force extra-orale (FEO), a permis de s'affranchir des paramètres extérieurs puisque les mouvements dentaires étaient comparables ; seul l'outil changeait. Ses résultats démontrent que les résorptions étaient cliniquement acceptables, équivalentes pour les deux types de traitements et qu'elles étaient essentiellement légères. Ceci permet de conclure que les élastiques en eux-mêmes ne sont pas à l'origine des résorptions apicales, mais c'est plutôt le choix du plan de traitement ainsi que les paramètres propres aux patients qui en sont responsables.

Le rôle des élastiques dans l'apparition de résorptions serait lié au phénomène de « jiggling » (terme anglais qualifiant des mouvements d'aller-retour), provoqué par le port intermittent des élastiques. C'est pourquoi il faudra s'assurer de l'excellente coopération du patient et lui exposer les risques encourus au préalable.⁸⁶

3. Les résorptions radiculaires dans les traitements en une ou deux phases

Une étude rétrospective²⁷ a comparé la prévalence de résorptions radiculaires incisives après traitement, en une ou deux phases (avec interception par FEO ou activateur de Classe II). Les résorptions modérées à sévères chez les patients ayant bénéficié d'une première phase interceptive de Classe II, étaient 2 à 4 fois moins fréquentes que chez ceux ayant eu un traitement en une seule phase (environ 5 à 12% en deux phases, versus 20% en une phase). Il faut noter cependant que les résorptions légères étaient plus fréquentes dans la population en deux phases (68 à 72%, versus 60% pour les monophases).

La supposition faite par les auteurs est que la quantité de surplomb et donc le déplacement incisif restant, ainsi que la durée du multi-attaches sont réduites pour les patients à interception, ce qui réduit le risque de résorption apicale importante.

C. Douleurs liées au port d'élastiques de Classe II

Un des freins à la compliance des patients vis à vis du port des élastiques est la douleur qu'ils induisent. Or, pour obtenir les meilleurs résultats de traitement, l'observance du patient est capitale. Il est donc essentiel de diminuer la souffrance du patient afin de bénéficier aux deux parties. Il est à noter que la douleur est une notion subjective, avec une forte variabilité inter-individuelle. L'âge, le genre, le seuil de douleur, l'intensité de la force déployée, l'état émotionnel, le stress, les différences culturelles et les expériences précédentes de douleur en sont les principaux éléments déterminants.¹⁰⁸

Une étude⁸² de 2009 met en lumière la sous-estimation par les orthodontistes de l'intensité de cette douleur. Certains patients interrogés indiquaient un niveau élevé de douleur (à la question « avez-vous ressenti de la douleur pendant ou après la séance » répondaient par le plus haut niveau proposé « fortement d'accord ») ce qu'aucun orthodontiste n'avait estimé. Cette méconnaissance est préjudiciable car la douleur ressentie peut être diminuée lorsque le patient est bien informé de la quantité de douleur à laquelle s'attendre. Il gagne en contrôle vis à vis de sa douleur et la tolère beaucoup mieux.⁸²

Tuncer¹²⁸ a comparé pendant une semaine la douleur ressentie au moment de la pose d'un appareillage multi-attaches, avec la douleur ressentie au début du port d'élastiques. Il a révélé

que les douleurs de ces deux moments clés du traitement orthodontique étaient similaires, et par conséquent que le début des élastiques mérite également une prise en charge de la douleur. Les patients porteurs d'élastiques déclaraient un pic de douleur atteignant en moyenne 5 à 7 sur 10, entre la 6^{ème} heure et le 2^{ème} jour.

Une autre étude de Bannwart¹⁵ montre que 40 à 60% des patients porteurs d'élastiques de Classe II ressentait des douleurs à l'ouverture buccale, des douleurs oro-faciales (incluant des douleurs aux tempes, à la face, aux ATM, et aux maxillaires) ainsi que des maux de tête. Ceux-ci passaient à 22-27% à une semaine, puis 15% à un mois. L'intensité de la douleur ressentie allait de 6/10 en moyenne à 24 heures puis 4/10 à une semaine.

Le moyen le plus simple de gérer ces douleurs, et recommandé par la littérature, est la prescription d'antalgiques (AINS ou paracétamol). L'administration d'AINS (anti-inflammatoires non-stéroïdiens) lors de mouvements dentaires désirés peut préoccuper car c'est la réaction inflammatoire qui est à l'origine du déplacement des dents, et sa suspension pourrait être néfaste. Cependant d'après la littérature⁸¹, la prise d'AINS à faible dose pendant un à deux jours au début du mouvement orthodontique n'affecte pas le déplacement dentaire. Ils peuvent même être utilisés en prévention de la douleur, à raison d'une prise de 400mg une heure avant le rendez-vous chez l'orthodontiste, et une à deux prises par la suite.⁸¹ Pour une prescription plus longue, le paracétamol peut être préféré car il n'a pas d'influence connue sur le déplacement dentaire. Il reste malgré tout inférieur aux AINS dans le contrôle des douleurs liées au traitement orthodontique.^{25,61}

Une étude de 2008⁹ a montré que l'utilisation du tenoxicam, qui fait partie de la famille des AINS, en prévention et en gestion post-interventionnelle de la douleur, était efficace dans le contrôle de celle-ci mais également sans interférence sur le déplacement dentaire.

D'autres outils existent également dans la gestion de la douleur, à savoir, la thérapie cognitivo-comportementale, les bite-blocks, la low laser therapy ou encore la stimulation nerveuse électrique.

La douleur est également corrélée à l'âge, dans l'étude de Brown²⁸, les adolescents de 14 à 17 ans déclarant ressentir plus de douleur que les pré-adolescents et adultes pour un même traitement. Leur état de bien-être psychologique étant le plus souvent inférieur à celui des plus jeunes ou plus âgés. Cette tranche d'âge requiert donc une attention particulière de la

part de l'orthodontiste qui doit prendre le temps de lui expliquer la douleur au préalable et pour qui il est vivement conseillé de prescrire des antalgiques.

Afin de conclure concernant les risques liés à l'emploi des élastiques, nous pouvons voir qu'à l'instar des autres moyens de traitement, ils sont capables de produire des effets favorables mais aussi collatéraux. Leur emploi approprié convient de prendre avantage des effets positifs tout en ayant connaissance et en contrôlant les indésirables en respectant les principes de précaution. Il faudra faire la balance bénéfice-risque associée à chaque patient, réaliser un examen complet pour évaluer le risque de DTM, contrôler l'état radiculaire tout au long du traitement, notamment pour les patients présentant une forte malocclusion de Classe II, et s'enquérir de la douleur ressentie par ceux-ci.

CONCLUSION

Les élastiques orthodontiques de Classe II font partie des outils utilisés au quotidien par tous les orthodontistes, mais ceux-ci les utilisent le plus souvent selon des connaissances empiriques.

Le premier moyen de corriger la Classe II squelettique chez le jeune patient est avant tout par une libération de la croissance mandibulaire associée à une prise en charge des dysfonctions. Il faut interpréter le stade de croissance du patient grâce à l'analyse du rachis décrite par Baccetti sur la téléradiographie de profil, et le mettre en relation avec l'estimation du potentiel total de croissance afin d'évaluer l'impact que le traitement peut avoir sur une correction squelettique de la dysmorphose. Toutefois, la croissance est un mécanisme complexe devant lequel il convient de rester humble.

Le choix de l'élastique doit tenir compte de la pression maximale supportée par le parodonte pour obtenir un mouvement physiologique, rapide mais respectueux des tissus. Aujourd'hui, les orthodontistes utilisent en moyenne des forces considérées lourdes, aux alentours de 277g par côté, avec une très grande variabilité inter-individuelle, allant du simple au double. Mais une revue de littérature montre que des forces légères, inférieures à 100g par coté, pour un total de 150g sont suffisantes pour corriger des Classes II. Malgré une utilisation si répandue, les élastiques de Classe II manquent encore de recherche pour établir un protocole reproductible.

La majorité des études montre que les effets produits par les élastiques de Classe II sont alvéolo-dentaires, une seule étude attribue aux élastiques des effets squelettiques. Il semble que les effets squelettiques antéro-postérieurs sont plutôt liés au potentiel de croissance propre du patient, potentialisé par la libération orthodontique de la croissance mandibulaire.

Grâce à l'essor des ancrages osseux, il devient possible de contrôler réellement les principaux effets parasites des élastiques de Classe II, à savoir la vestibulo-version de l'incisive mandibulaire et la perte d'ancrage. Plus récemment, les plaques d'ancrage osseux permettent également une correction squelettique de la dysmorphose antéro-postérieure chez les

patients en croissance, permettant de contourner la chirurgie pour certains patients traités à temps.

Enfin, chaque appareillage et outil en orthodontie s'accompagne de ses inconvénients et ses risques. Malgré les accusations, aucun lien entre DTM et orthodontie n'a été prouvé, mais il convient tout de même de prendre des précautions chez les patients à risques, à savoir ceux présentant déjà des signes ou symptômes de DTM, ainsi que les hyperlaxes. Il ne faut jamais entamer de traitement pendant une phase douloureuse non contrôlée, et s'interrompre en cas d'apparition au cours du traitement. Des contrôles radiographiques réguliers permettent de surveiller l'apparition de résorptions radiculaires, et d'interrompre également le traitement en cas de détection. Pour prévenir et contrôler la douleur liée aux élastiques, particulièrement ressentie par les adolescents, il est essentiel d'informer correctement le patient, et lui prescrire des antalgiques qu'il peut débuter une heure avant le rendez-vous pour prévenir l'apparition de celle-ci et se poursuivre pendant 2 jours, voire une semaine.

Pour conclure, les effets produits par les élastiques de Classe II sont sous l'influence de nombreux paramètres plus ou moins maîtrisables, comme la durée de port de ceux-ci ou les oublis par le patient, la variation de distance entre les points d'application, la croissance, et la réponse individuelle du patient. Ainsi, la prescription des élastiques ne semble pas pouvoir correspondre à un protocole reproductible, le jugement de l'orthodontiste et son expérience restent finalement les derniers garants du succès du traitement.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 :	Classe I et Classe II dentaire selon Angle	1
Figure 2 :	Illustration d'une Classe II, 1 et Classe II, 2	1
Figure 3 :	Photos patientes en Classe II,1 et Classe II,2 (collection personnelle)	3
Figure 4 :	Illustration de profils de Classe I ou Classe II squelettique	3
Figure 5 :	Représentation chez un sujet en Classe II, 1 des relations anatomiques entre la base du crâne, le maxillaire et la mandibule	4
Figure 6 :	Photo de profil d'une Classe II, 2 (collection personnelle)	6
Figure 7 :	Illustration de l'augmentation de la dimension verticale induite par une insuffisance transversale maxillaire en comparaison avec une dimension transversale normale.....	9
Figure 8 :	Cartilage de Meckel, tuteur de la croissance mandibulaire	10
Figure 9 :	Représentation du schéma de croissance du V d'Enlow et des zones de d'apposition/résorption mandibulaires	11
Figure 10 :	Représentation schématique de la croissance mandibulaire	12
Figure 11 :	Variations sagittales mandibulaires selon le développement des angles mandibulaires dans la dimension transversale.....	12
Figure 12 :	Remodelage symphysaire selon Enlow.....	14
Figure 13 :	Zones d'apposition et résorption au niveau ramal selon Enlow	14
Figure 14 :	Éloignement des structures articulaires mandibulaires au cours de la croissance selon le V d'Enlow	15
Figure 15 :	Tableau des signes structuraux de rotation de Björk (composition personnelle).....	16
Figure 16 :	Critères condyliens d'évaluation du potentiel de croissance mandibulaire	17
Figure 17 :	Mandibule de croissance normale selon les critères extra-condyliens de Delaire.....	18
Figure 18 :	Stades de développement des vertèbres cervicales selon Baccetti et al.	20
Figure 19 :	Courbe de moyenne du taux de croissance staturale selon Björk	21
Figure 20 :	Courbes de croissance mandibulaire chez la fille et le garçon : condylion-pogonion / nasion-basion / ENA-ENP issu de l'étude de Guyomard et Bonnefond	22
Figure 21 :	Schéma de définition d'une force (composition personnelle).....	27
Figure 22 :	Schéma illustrant les vecteurs force développés par un élastique de Classe II.....	27
Figure 23 :	Illustration de la surface radiculaire des molaires mandibulaires et maxillaires en opposition lors de leur déplacement antéro-postérieur d'après Le Gall et Sastre	29
Figure 24 :	Tableau du volume radiculaire moyen et le coefficient d'ancrage pour chaque type de dent, déterminé par Nabbout et Faure.....	29
Figure 25 :	Illustration de la perte d'os alvéolaire, donc augmentation du rapport couronne/racine	30
Figure 26 :	Illustration de l'angulation corono-distale des molaires mandibulaires pour augmenter leur résistance aux forces mésialantes des élastiques de Classe II	30
Figure 27 :	Différences de densité osseuse à la mandibule et au maxillaire d'après une étude de Doyle et al... ..	32
Figure 28 :	Effets des élastiques de Classe II sur les arcades dentaires	33
Figure 29 :	Schématisation de l'effet des élastiques de Classe II en cas de déplacement discal, la composante verticale a tendance à faire remonter le condyle pendant que la composante de mésialisation repousse le disque en avant, aggravant la pathologie.....	35
Figure 30 :	Position des centres de résistance des arcades maxillaire et mandibulaire selon Nabbout et al.....	36
Figure 31 :	Comparaison de l'effet de bascule du plan d'occlusion entre les élastiques de Classe II longs et courts, selon la distance entre la ligne d'action de la force et les centres de résistance des arcades dentaires.....	37
Figure 32 :	Correspondance entre la courbe de déplacement des différents stades morphologiques de la réaction osseuse	38

<i>Figure 33 : Schéma du remaniement osseux au cours de la migration physiologique des dents.....</i>	<i>39</i>
<i>Figure 34 : Courbe de vitesse du mouvement dentaire sur l'amplitude de la contrainte.....</i>	<i>42</i>
<i>Figure 35 : Rappels de trigonométrie (composition personnelle).....</i>	<i>45</i>
<i>Figure 36 : Illustration de l'angle alpha permettant de calculer les composantes verticale et horizontale de la force déployée (composition personnelle).....</i>	<i>45</i>
<i>Figure 37 : Vecteurs de force pour un élastique de Classe II appliqué depuis une potence en mésial de la canine maxillaire jusqu'à la première molaire mandibulaire selon Pr Le Gall</i>	<i>46</i>
<i>Figure 38 : Vecteurs de force pour un élastique de Classe II appliqué depuis une potence en mésial de la canine maxillaire jusqu'à la première molaire mandibulaire dans un schéma extractionnel de prémolaires maxillaires selon Pr Le Gall</i>	<i>46</i>
<i>Figure 39 : Diagrammes comparatifs des forces mesurées et annoncées par le fabricant pour 4 types d'élastiques équivalents chez ORMCO et AO d'après l'étude de Dr Cohen et Pr Le Gall</i>	<i>48</i>
<i>Figure 40 : Le couloir dentaire selon Château</i>	<i>53</i>
<i>Figure 41 : Guide antérieur et pente condylienne permettent la désocclusion postérieure.....</i>	<i>54</i>
<i>Figure 42 : Introduction de l'arc dans la gorge sous torsion axiale élastique et retour élastique selon le jeu dans le bracket : perte d'information du torque.....</i>	<i>55</i>
<i>Figure 43 : Calcul de la perte d'information ou jeu du torque due au sous-dimensionnement de l'arc</i>	<i>55</i>
<i>Figure 44 : La mécanique de Classe II selon Tweed et Merrifield</i>	<i>57</i>
<i>Figure 45 : Utilisation d'une mini-vis maxillaire comme ancrage pour des TIM de classe III pour préparer l'ancrage mandibulaire.....</i>	<i>59</i>
<i>Figure 46 : Illustration du positionnement des mini-vis palatines en renfort d'ancrage maxillaire pour le port des élastiques de Classe III lors de la préparation d'ancrage mandibulaire (collection personnelle)</i>	<i>59</i>
<i>Figure 47 : Inhibition de la composante mésialante des TIM de Classe II : contrôle de la vestibulo-version des incisives mandibulaires pendant le port des élastiques de Classe II</i>	<i>60</i>
<i>Figure 48 : Illustration de l'effet de reverouillage d'arcade lié au port d'élastiques de Classe II sur arc continu.</i>	<i>62</i>
<i>Figure 49 : Les miniplaques de l'étude de Al-Dumaini après cicatrisation, application des élastiques inter-arcades, C : finitions en Classe I molaire et canine.....</i>	<i>63</i>
<i>Figure 50 : Vue intra-orale des élastiques de Classe II positionnés sur mini-plaques d'ancrage dans l'étude de Ozbilek</i>	<i>64</i>
<i>Figure 51 : Stades de résorption radiculaire selon Levander et Malmgren et leurs correspondances radio.....</i>	<i>70</i>

BIBLIOGRAPHIE

1. Akihiko Nakasima, D.D.S., D.D.Sc., Motoshi Ichinose, M.Sc., Shunsuke Nakata, D.D.S., and Yasuhide Takahama, D.D.S., D.M.Sc. Hereditary factors in the craniofacial morphology of Angle's Class II and Class III malocclusions. 1982.
2. Aknin JJ, Morgon L et Boyer JF. Effets des thérapeutiques sur la croissance mandibulaire. *Encycl Méd Chir (Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, Paris, tous droits réservés), Odontologie/Orthopédie dentofaciale, 23-498-D-10, 2003, 14 p.*
3. Aknin JJ, Talmant J. *La croissance cranio-faciale*. Ed. SID; 2007, 269p.
4. Alavi S, Tabatabaie AR, Hajizadeh F, Ardekani AH. An In-vitro Comparison of Force Loss of Orthodontic Non-Latex Elastics. *J Dent Tehran Iran*. 2014;7p, 11(1):10-16.
5. Al-Dumaini AA, Halboub E, Alhammadi MS, Ishaq RAR, Youssef M. A novel approach for treatment of skeletal Class II malocclusion: Miniplates-based skeletal anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2018;153(2):239-247.
6. Amat P. Le changement de paradigme du traitement des malocclusions de classe II chez l'enfant et l'adolescent. Béry A, Brézulier D, Carolus S, eds. *Rev Orthopédie Dento-Faciale*. 2017;51(1):49-91.
7. Analyse faciale en chirurgie correctrice des mâchoires | Dr Chardain. Dr. Jacques Chardain. <https://www.chirurgien-maxillo-facial.com/chirurgie-correctrice-des-machoires/analyse-faciale/>
8. Angle EH. Treatment of malocclusion of the teeth. *Class Dent Libr Birm Ala Div Gryphon Ed Ltd*. 1981:198-262. 315p.
9. Arantes G, Arantes V, Ashmawi H, Posso I. Tenoxicam controls pain without altering orthodontic movement of maxillary canines. *Orthod Craniofac Res*. 2009;12(1):14-19.
10. Aras A. The effect of zigzag elastics in the treatment of Class II division 1 malocclusion subjects with hypo- and hyperdivergent growth patterns. A pilot study. *Eur J Orthod*. 2001;23(4):393-402.
11. Aziz T. Gingival recession and labial movement of lower incisors. *Evid Based Dent*. 2011;14(1):21-22.
12. Baccetti T, Franchi L, Jr JAM. An Improved Version of the Cervical Vertebral Maturation (CVM) Method for the Assessment of Mandibular Growth. *Angle Orthod*. 2002;72(4):8.
13. Baccetti T, Franchi L, Kim LH. Effect of timing on the outcomes of 1-phase nonextraction therapy of Class II malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2009;136(4):501-509.
14. Ballard CF. Facial musculature and anomalies of the dento-alveolar structures. *Trans. Eur. orthod. Soc.* (1951), pp. 137-148.
15. Bannwart Antunes Ortega AC, Humberto Pozza D, Rocha Rodrigues LLF, Guimarães AS. Relationship Between Orthodontics and Temporomandibular Disorders: A Prospective Study. *J Oral Facial Pain Headache*. 2016;30(2):134-138.
16. Barthelemi S, Beauval H. Prevalence of the use of anchorage miniscrews among French orthodontists. *Int Orthod*. 2015;13(4):436-461.
17. Batista KB, Thiruvengkatachari B, Harrison JE, O'Brien KD. Orthodontic treatment for prominent upper front teeth (Class II malocclusion) in children and adolescents. *Cochrane Database Syst Rev*. 2018.
18. Ben-Malek M, Boileau MJ, de Brondeau F. Étude des caractères structuraux de la mandibule dans la prévision du potentiel de croissance et de la rotation mandibulaires. *Int Orthod*. 2008;6(3):269-284.
19. Bishara SE, Jakobsen JR, Vorhies B, Bayati P. Changes in dentofacial structures in untreated Class II division 1 and normal subjects: A longitudinal study. *Angle Orthod*. 1997;67(1):55-66.
20. Björk A, Skieller V. Facial development and tooth eruption: An implant study at the age of puberty. *Am J Orthod*. 1972;62(4):339-383.
21. Boileau MJ. *Orthodontie de l'enfant et du jeune adulte. Tome 1*. Elsevier-Masson; 2011.
22. Boileau MJ. *Orthodontie de l'enfant et du jeune adulte Tome 2*. Elsevier-Masson; 2012.
23. Bonnefont R, Guyomard F. A propos des périodes d'accélération de la croissance faciale. *Rev Orthopédie Dento-Faciale*. 1985;19(4):465-478.
24. Bourdillat C. Déverrouillage en méthode Bioprogressive. *Rev Orthopédie Dento-Faciale*. 1995;29(3):345-361.

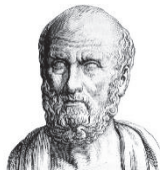
25. Bradley RL, Ellis PE, Thomas P, Bellis H, Ireland AJ, Sandy JR. A randomized clinical trial comparing the efficacy of ibuprofen and paracetamol in the control of orthodontic pain. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007;132(4):511-517.
26. Brezniak N, Arad A, Heller M, Dinbar A, Dinte A, Dmd AW. Pathognomonic Cephalometric Characteristics of Angle Class II Division 2 Malocclusion. *Angle Orthod.* 2002;72(3):7.
27. Brin I, Tulloch JFC, Koroluk L, Philips C. External apical root resorption in Class II malocclusion: a retrospective review of 1- versus 2-phase treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2003;124(2):151-156.
28. Brown DF, Moerenhout RG. The pain experience and psychological adjustment to orthodontic treatment of preadolescents, adolescents, and adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1991;100(4):349-356.
29. Burstone CJ, Choi K. *The Biomechanical Foundation of Clinical Orthodontics.* 1er édition. Quintessence Publishing Co Inc.,U.S.; 2015, 608p.
30. Chabre C, Boileau MJ. *Orthodontie interceptive.* 2e édition; 2020, 251p.
31. Cohen L, Le Gall M. *Étude Sur La Mesure de La Raideur et de l'allongement Dans Le Temps Des Élastiques Inter-Arcades.* 2016.
32. Combrink FJ, Harris AMP, Steyn CL, Hudson APG. Dentoskeletal and soft-tissue changes in growing class II malocclusion patients during nonextraction orthodontic treatment. *SADJ J South Afr Dent Assoc Tydskr Van Suid-Afr Tandheelkd Ver.* 2006;61(8):344-350.
33. Cuccia AM, Caradonna C. Correlation of the temporomandibular dysfunction classification index with cephalometric indicators of facial structure: a study on adult female subjects. *Minerva Stomatol.* 2008;57(4):155-165.
34. Dahan S. *Biomécanique en ODF : applications pratiques.* Thèse Université Aix-Marseille ; 2007.
35. Davidovitch Z, Nicolay OF, Ngan PW, Shanfeld JL. Neurotransmitters, cytokines, and the control of alveolar bone remodeling in orthodontics. *Dent Clin North Am.* 1988;32(3):411-435.
36. Decker A, Deffrennes D, Guillaumot G, Kohaut JC. Rôle de l'orthopédie dento-faciale dans la genèse, le traitement et la prévention des dysfonctions crano-mandibulaires. *Rev Orthopédie Dento-Faciale.* 1993;27(4):433-459.
37. Delaire J. Le rôle du condyle dans la croissance de la mâchoire inférieure et dans l'équilibre de la face. *Rev, Stomatol, Chir, maxillofac,* 1990;(n°3) : 179-192.
38. Delaire J. L'évaluation morphologique du potentiel de croissance de la mandibule : Les signes du turfiste. *Orthod Fr* 1995 ; 66(3):465-478.
39. Delaire J. L'intrication des fonctions de l'extrémité céphalique et les inter-relations morpho-fonctionnelles oro-faciales. *Orthod Fr.* 1993;(64):48-52.
40. Demange C. Valeurs angulaires moyennes de torque dans une population "normale". *Orthod Fr.* 1991;62 Pt 3:935-51.
41. Department of Orthodontics, UNINGA University Center, Maringá, Brazil, Lopes Nitrini AT, Chagas AS, et al. Comparison of the Force Released by Intermaxillary Elastics Used for Different Time Periods. *Turk J Orthod.* 2019;32(4):190-194.
42. Dorniac D., Bardin E., Bazert C., Devert N., Diongue A A., Duhart A.-M. Biomécanique orthodontique et notion de force légère. EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Odontologie/Orthopédie dentofaciale, 23-490-B-10, 2008.
43. Doyle S, Wiltz MJ, Kraut RA. Comparison of Cone-beam Computed Tomography and Multi-slice Spiral Computed Tomography Bone Density Measurements in the Maxilla and Mandible. *N Y State Dent J.* 2015;81(4):42-45.
44. Duminil G, Laplanche O, Carlier JF, Ré JP, Simonet P, Orthlieb JD. *L'occlusion.* Espace ID; 2013, 224p.
45. Élastiques en orthodontie Lessines - Cabinet spécialisé en orthodontie. <https://www.orthoteam.be/votre-traitement/elastiques/>
46. Ellen EK, Schneider BJ, Sellke T. A comparative study of anchorage in bioprogressive versus standard edgewise treatment in Class II correction with intermaxillary elastic force. *Am J Orthod Dentofacial*

- Orthop.* 1998;114(4):430-436.
47. Ellouze S, Darqué F, Ortial JP, Kyung HM. *Mini-implants: l'orthodontie de demain*. Quintessence international; 2012, 260p.
 48. Enlow DH, Moyers RE, Merow WW. *Handbook of Facial Growth*. Saunders; 1975, 423p.
 49. Faure J. *Biomécanique orthodontique*. Éd. SID; 2011, 131p.
 50. Faure J, Nabbout F, Marchal-Sixou C, Oueiss A. Centers of resistance of tooth groups and orthodontic mechanics. *Int Orthod.* 2008;20.
 51. Fernandes DJ, Fernandes GMA, Artese F, Elias CN, Mendes AM. Force extension relaxation of medium force orthodontic latex elastics. *Angle Orthod.* 2011;81(5):812-819.
 52. FFO. Fédération Française d'Orthodontie. Pertinence et indications des actes d'orthodontie Recommandations de Bonne Pratique AFPP CEO CEODF ; 2017
 53. Fig 3. A, Denture recovery: Tweed occlusion. Note distal inclination of... https://www.researchgate.net/figure/A-Denture-recovery-Tweed-occlusion-Note-distal-inclination-of-maxillary-and-mandibular_fig3_6936925
 54. Frapier L, Massif L. La Classe II, 2 dans tous ses états. *Int Orthod.* 2007;5:143-162.
 55. Freeman DC. Root Surface Area Related to Anchorage in the Begg Technique. 1965:58.
 56. Garcia R. Ancrage et thérapeutique edgewise. *Rev Orthopédie Dento-Faciale.* 1985;19(2):191-204.
 57. Gebeile-Chauty S, Robin O, Messaoudi Y, Aknin JJ. Le traitement orthodontique peut-il générer des algies et/ou dysfonctionnements articulaires ou musculaires (ADAM) ? Une revue de littérature. *Orthod Fr.* 2010;81(1):85-93.
 58. Gianelly D. A comparison of Class II treatment changes noted with the light wiye, edgewise, and FrCinkel appliances. 1986(4):8.
 59. Graber TM. The "three M's": Muscles, malformation, and malocclusion. *Am J Orthod.* 1963;49(6):418-450.
 60. Guilloux L, Delbourg MF, Ville G. Latex et allergie aux fruits. *Rev Fr Allergol Immunol Clin.* 1995;35(3):309-311.
 61. Gupta M, Kandula S, Laxmikanth SM, Vyavahare SS, Reddy SBH, Ramachandra CS. Controlling pain during orthodontic fixed appliance therapy with non-steroidal anti-inflammatory drugs (NSAID): a randomized, double-blinded, placebo-controlled study. *J Orofac Orthop Fortschritte Kieferorthopädie.* 2014;75(6):471-476.
 62. Gurbanov V, Bas B, Öz AA. Evaluation of Stresses on Temporomandibular Joint in the Use of Class II and III Orthodontic Elastics: A Three-Dimensional Finite Element Study. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2020;78(5):705-716.
 63. Hayat M. Le contrôle de la position de l'incisive mandibulaire dans les traitements orthodontiques des classes II par tractions intermaxillaires. 02/2017:106.
 64. HUFFER RA, DEVINCENZO JP, CORBETT NE, SHRYOCK EF. Relationship between the Lingual of the Maxillary Central Incisor and the Articular Eminence in Ideal Occlusions. *Angle Orthod.* 1972;42(1):44-49.
 65. Igarashi K, Miyoshi K, Shinoda H, Saeki S, Mitani H. Diurnal variation in tooth movement in response to orthodontic force in rats. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998;114(1):8-14.
 66. Iwasaki LR, Crouch LD, Tutor A, et al. Tooth movement and cytokines in gingival crevicular fluid and whole blood in growing and adult subjects. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2005;128(4):483-491.
 67. Jacobson A. Application of the "Wits" appraisal. *Am J Orthod.* 1976;70(2):179-189.
 68. Janson G, Niederberger A, Garib DG, Caldas W. Root resorption in Class II malocclusion treatment with Class II elastics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2016;150(4):585-591.
 69. Janson G, Sathler R, Fernandes TMF, Branco NCC, de Freitas MR. Correction of Class II malocclusion with Class II elastics: A systematic review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013;143(3):383-392.
 70. Jarabak JR, Fizzell JA. *Technique and Treatment with Light-Wire Edgewise Appliances: Light Differential Forces in Clinical Orthodontics*. C. V. Mosby Co; 1963, 750p.
 71. Jayachandran S, Wiltshire WA, Hayasaki SM, Pinheiro FHSL. Comparison of AdvanSync and intermaxillary

- elastics in the correction of Class II malocclusions: A retrospective clinical study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2016;150(6):979-988.
72. Johnston LE. A comparative analysis of Class II treatments: a retrospective/prospective alternative. *Clin Orthod Res.* 1998;1(2):142-146.
 73. Johnston LE. Growth and the Class II patient: Rendering unto Caesar. *Semin Orthod.* 1998;4(1):59-62.
 74. Jones G, Buschang PH, Kim KB, Oliver DR. Class II Non-Extraction Patients Treated with the Forsus Fatigue Resistant Device Versus Intermaxillary Elastics. *Angle Orthod.* 2008;78(2):332-338.
 75. Joss-Vassalli I, Grebenstein C, Topouzelis N, Sculean A, Katsaros C. Orthodontic therapy and gingival recession: a systematic review. *Orthod Craniofac Res.* 2010;13(3):127-141.
 76. Jules D. Malocclusion "Classe 1." Orthodontistes Lemay. Published August 7, 2012. <https://www.ortholemay.com/dentition-2/classe1/>
 77. Kavuncu V, Sahin S, Kamanli A, Karan A, Aksoy C. The role of systemic hypermobility and condylar hypermobility in temporomandibular joint dysfunction syndrome. *Rheumatol Int.* 2006;26(3):257-260.
 78. Kersey ML, Glover KE, Heo G, Raboud D, Major PW. A Comparison of Dynamic and Static Testing of Latex and Nonlatex Orthodontic Elastics. *Angle Orthod.* 2003;73(2):181-186.
 79. Kohno T, Matsumoto Y, Kanno Z, Warita H, Experimental tooth movement under light orthodontic forces: rates of tooth movement and changes of the periodontium. *J Orthod.* 200AD;29(2):129-135.
 80. Kolf J. Les classes II division 1. Historique et évolution des concepts. EMC (Elsevier SAS, Paris), Odontologie/Orthopédie dentofaciale, 23-472-E-10, 2006.
 81. Krishnan V. Orthodontic pain: from causes to management - a review. *Eur J Orthod.* 2007;29(2):170-179.
 82. Krukemeyer AM, Arruda AO, Inglehart MR. Pain and Orthodontic Treatment. *Angle Orthod.* 2009;79(6):1175-1181.
 83. Langlade M. *Optimisation Élastiques Orthodontiques* ; 2000, 179p.
 84. Lautrou A. Croissance et morphogenèse du squelette crânio-facial Applications en orthopédie dentofaciale Les conceptions de J. Delaire. *Orthod Fr.* 2002;73(1):5-18.
 85. Le Gall M. *Syllabus Cours TGO* ; 2022.
 86. Le Norcy E, Lautrou A, Le Goff C. Facteurs affectant la résorption radiculaire associée aux traitements d'orthodontie. *Int Orthod.* 2005;3(2):129-140.
 87. Thèse de Camille Ledent. Intérêt des gouttières d'éducation fonctionnelle dans la correction des classes II au moment de l'évolution de la première molaire permanente. Chirurgie. 2015.
 88. Lejoyeux É, Flageul F, Bonnet B, Belguendouz S, Chabre C, Philippe J. *Orthopédie dento-faciale : une approche bioprogressive.* Quintessence international; 1999, 317p.
 89. Les APPAREILS à PISTES de RODAGES - Sollicitations masticatoires insuffisantes (alimentation « molle »/peu de force... <https://m.20-bal.com/law/2560/index.html?page=2>
 90. Levander E, Malmgren O. Evaluation of the risk of root resorption during orthodontic treatment: A study of upper incisors. *Eur J Orthod.* 1988;10(1):30-38.
 91. Macfarlane TV, Kenealy P, Kingdon HA, et al. Twenty-year cohort study of health gain from orthodontic treatment: Temporomandibular disorders. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009;135(6):692.e1-692.e8.
 92. Manière-Ezvan A, Oueiss A, Busson F. ATM et orthodontie, « passé, présent et futur ». *Rev Stomatol Chir Maxillo-Faciale Chir Orale.* 2016;117(6):453-457.
 93. McNamara JA. Components of class II malocclusion in children 8-10 years of age. *Angle Orthod.* 1981;51(3):177-202.
 94. Meistrell ME, Cangialosi TJ, Lopez JE, Cabral-Angeles A. A cephalometric appraisal of nonextraction Begg treatment of Class II malocclusions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1986;90(4):286-295.
 95. Melsen B, Verna C. Miniscrew implants: The Aarhus anchorage system. *Semin Orthod.* 2005;11(1):24-31.
 96. Miyoshi K. Tooth movement and changes in periodontal tissue in response to orthodontic force in rats vary depending on the time of day the force is applied. *Eur J Orthod.* 2001;23(4):329-338.
 97. <http://www.unsof.org/media/o1306/de-6-a-12-ans/html/annexe-12.html>

98. Moinard C, Delaire J. *Traitement mixte : synergie de l'orthopédie et du multi-attaches pour une meilleure croissance maxillo-faciale*. Ed. CdP; 2014, 170p.
99. Nabbout F. *L'apport Du Scanner 3D En Anatomie Dentaire : Résultats et Applications Aux Calculs d'ancrage et à La Mécanique Orthodontique*. 2007, 207p.
100. Nabbout F, Faure J, Baron P, Braga J, Treil J. Centers of resistance of tooth segments and orthodontic mechanics. *International Orthodontics 2008 ; 1 : 3-22*
101. Nabbout F, Faure J, Baron P, Braga J, Treil J. L'ancrage dentaire en orthodontie : les données du scanner. *Int Orthod*. 2004;2(3):241-256.
102. Nelson B, Hägg U, Hansen K, Bendeus M. A long-term follow-up study of Class II malocclusion correction after treatment with Class II elastics or fixed functional appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2007;132(4):499-503.
103. Nelson B, Hansen K, Hägg U. Overjet reduction and molar correction in fixed appliance treatment of Class II, Division 1, malocclusions: Sagittal and vertical components. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1999;115(1):13-23.
104. Notaroberto DF de C, Martins MM e, Goldner MT de A, Mendes A de M, Quintão CCA. Force decay evaluation of latex and non-latex orthodontic intraoral elastics: in vivo study. *Dent Press J Orthod*. 2018;23(6):42-47.
105. Oesterle LJ, Owens JM, Newman SM, Shellhart WC. Perceived vs measured forces of interarch elastics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2012;141(3):298-306.
106. Oliveira PLE, Matsumoto MAN, Faria G, Romano FL. Degradation and deformation of latex and non-latex orthodontic elastics. *Australas Orthod J*. 2021;33(1):64-72.
107. Ozbilek S, Gungor AY, Celik S. Effects of skeletally anchored Class II elastics: A pilot study and new approach for treating Class II malocclusion. *Angle Orthod*. 2017;87(4):505-512.
108. Panda S, Verma V, Sachan A, Singh K. Perception of pain due to various orthodontic procedures. *Quintessence Int*. 2015;46(7):603-609.
109. Laurie Pascon. La distraction osseuse symphysaire : revue de la littérature et cas clinique. 2015.
110. Patti A. *Traitement des classes II : de la prévention à la chirurgie*. Quintessence international; 2010, 498p.
111. Pitts TR. Bracket Placement and Early Elastics Protocols for Smile Arc Protection. 2009;17(1):11.
112. Proffit WR, Fields HW, Sarver DM. *Contemporary Orthodontics*. 4th ed. Mosby Elsevier; 2007, 751p.
113. Qodcieh SMA, Al-Khateeb SN, Jaradat ZW, Abu Alhaja ESJ. Force degradation of orthodontic latex elastics: An in-vivo study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2017;151(3):507-512.
114. Rakosi T, Jonas I. *Atlas de ortopedia maxilar: diagnóstico*. Ed. Científicas y Técnicas; 1992, 280p.
115. Réhabilitation neuro-occlusale RNO 2e édition - Pedro Planas. *Ed CDP ; 2006, 290p*.
116. Rinchuse D, Miles P, Sheridan J. Orthodontic retention and stability: a clinical perspective. *J Clin Orthod JCO*. 2007;41:125-132.
117. Russell KA, Milne AD, Khanna RA, Lee JM. In vitro assessment of the mechanical properties of latex and non-latex orthodontic elastics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2001;120(1):36-44.
118. Samadet V, Chouvin M, Bacon W, Canal P. Les résorptions radiculaires : facteurs de risque et attitude thérapeutique. *Rev Orthopédie Dento-Faciale*. 2006;40(4):453-456.
119. Sastre J, Le Gall M. Tooth movement – clinical implications. *Int Orthod*. 2010;8(2):105-123.
120. Saulue P. Traitement ODF des malocclusions : optimisation des fonctions par ODF. *Rev Odont Stomat* 2017;46:279-296
121. Serbesis-Tsarudis C, Pancherz H. "Effective" TMJ and chin position changes in Class II treatment. *Angle Orthod*. 2008;78(5):813-818.
122. Stanley J. The Effects of Elastic Size and Archwire Type on 3-Dimensional Force Systems When Using Class II Interarch Elastics. 2017:172p.
123. Storey E. The nature of tooth movement. *Am J Orthod*. 1973;63(3):292-314.
124. Theodorou CI, Kuijpers-Jagtman AM, Bronkhorst EM, Wagener FADTG. Optimal force magnitude for bodily orthodontic tooth movement with fixed appliances: A systematic review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2019;156(5):582-592.

125. Tieu LD, Saltaji H, Normando D, Flores-Mir C. Radiologically determined orthodontically induced external apical root resorption in incisors after non-surgical orthodontic treatment of class II division 1 malocclusion: a systematic review. *Prog Orthod.* 2014;15(1):48.
126. Tooth size and occlusion in twins: By Anders Lundström, Stockholm: A.-B. Fahlcrantz Boktryckeri, 1948. State Institute of Human Genetics and Race Biology, Upsala, Sweden, Prof. Gunnar Dahlberg, M.D., L.L.D. *Am J Orthod.* 1949;35(11):878-879.
127. Tsui WK, Chua HDP, Cheung LK. Bone anchor systems for orthodontic application: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2012;41(11):1427-1438.
128. Tuncer Z, Ozsoy FS, Polat-Ozsoy O. Self-reported pain associated with the use of intermaxillary elastics compared to pain experienced after initial archwire placement. *Angle Orthod.* 2011;81(5):807-811.
129. Tweed, Charles H. Clinical orthodontics, St. Louis, 1966, The C. V. Mosby Company, vol. 1 ; 423p
130. Uzel A, Uzel I, Toroglu MS. Two Different Applications of Class II Elastics with Nonextraction Segmental Techniques. *Angle Orthod.* 2007;77(4):694-700.
131. Yamada S, Saeki S, Takahashi I, Igarashi K, Shinoda H, Mitani H. Diurnal Variation in the Response of the Mandible to Orthopedic Force. *J Dent Res.* 2002;81(10):711-715.



SERMENT MEDICAL

En présence des Maîtres de cette Faculté, de mes chers condisciples, devant l'effigie d'HIPPOCRATE.

Je promets et je jure, d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine Dentaire.

Je donnerai mes soins à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail, je ne participerai à aucun partage clandestin d'honoraires.

Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Je ne permettrai pas que des considérations de religion, de nation, de race, de parti ou de classe sociale viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

Même sous la menace, je n'admettrai pas de faire usage de mes connaissances médicales contre les lois de l'humanité.

J'informerai mes patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences.

Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des connaissances pour forcer les consciences.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leur père.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses. Que je sois déshonoré et méprisé de mes confrères si j'y manque.

VINCENT Sophie – La Classe II squelettique : état actuel des connaissances et intérêt de sa correction par élastiques

Th. : Chir. dent. : Marseille : Aix-Marseille Université : 2022

Rubrique de classement : Orthopédie Dento-Faciale

Résumé :

La Classe II est la dysmorphose dento-squelettique la plus retrouvée parmi la population orthodontique européenne. Malgré l'invention de nombreux outils de correction de Classe II, l'élastique reste le plus utilisé dans les cabinets d'orthodontie du monde, souvent selon des méthodes empiriques. À travers ce travail nous avons tenté de mettre au clair les données de la littérature concernant l'emploi des élastiques dans la correction de la Classe II squelettique.

Afin de connaître les chances de correction squelettique de la Classe II chez le jeune, et après levée des verrous de croissance, il faut observer les caractères structuraux prédictifs de la quantité et direction de celle-ci. Le meilleur moment de corriger cette dysmorphose est lors du pic de croissance mandibulaire du patient, qui se produit en moyenne aux alentours de 12 ans pour la fille et 14 ans pour le garçon avec pour façon la plus simple de le repérer : la méthode CVMS sur téléradiographie de profil de Baccetti.

Les élastiques permettent une correction de la Classe II par un effet tiroir majoritairement dento-alvéolaire, grâce à des forces situées entre 60 et 250g. Ils produisent des effets parasites proportionnels à la force employée qu'il faut maîtriser. L'arrivée des mini-vis et mini-plaques parmi l'arsenal thérapeutique du praticien permet un réel contrôle des effets indésirables et étend le champ d'utilisation des élastiques, augmentant leur effet de correction squelettique.

Les risques principaux des élastiques concernent les articulations temporo-mandibulaires, les résorptions radiculaires et la douleur, et méritent une surveillance ainsi que des précautions peu contraignantes pour le praticien.

À la lumière de ces informations, l'orthodontiste peut avoir une meilleure réflexion à l'usage des élastiques dans la correction squelettique des dysmorphoses de Classe II.

Mots clés : Classe II ; Élastiques ; Croissance mandibulaire.

VINCENT Sophie – Skeletal Class II: current state of knowledge and advantage of correction by elastics

Abstract:

Class II is the most common dento-skeletal malocclusion among European orthodontic patients. Despite the invention of many Class II correction tools, elastics are still the most used in orthodontic practices around the world, often using empiric approaches. In this paper we have attempted to clarify the literature on the use of elastics in skeletal Class II correction.

In order to know the chances of correcting a skeletal Class II among adolescents, and after lifting the obstacles to mandibular growth, it is necessary to observe the structural characteristics that are predictive of its quantity and direction. The best time to correct this malocclusion is during the patient's peak growth period, which occurs on average around the age of 12 for girls, and 14 for boys. The simplest way of determining it is by using the CVMS method explained by Baccetti.

Elastics allow a correction of Class II by a mainly dento-alveolar drawer effect, using forces ranging between 60 and 250g. They produce parasitic effects, proportional to the strength, which must be controlled. The arrival of TADs and miniplates in the practitioner's therapeutic arsenal allows a major control of undesirable effects and extends the indications of elastics, increasing their skeletal effect.

The main risk using elastics concerns temporomandibular joints, root resorptions and pain. They deserve monitoring and precautions that can be easily applied by the practitioner.

In the light of this information, the orthodontist can have a better reflection on the use of elastics in correcting skeletal Class IIs.

Keywords: Class II ; Elastics ; Mandibular growth.