



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

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



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

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

Année 2019

THESE N° 2019 LYO 1D 001

**T H E S E**  
**POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE**

**Présentée et soutenue publiquement le 10 janvier 2019**

**par**

**CHIRK Tatiana**

**Née le 30 mai 1990, à Noisy-le-Grand (93)**

---

**Effets des traitements orthopédiques de classe II par activateur et  
par guide de croissance (du Dr Valero) sur la version de l'incisive mandibulaire**  
*Revue de littérature et étude clinique rétrospective*

---

**JURY**

<b>Monsieur le Professeur Olivier ROBIN</b>	<b>Président</b>
<b>Madame le Docteur Sarah CHAUTY</b>	<b>Assesseur</b>
<b><u>Madame le Docteur Claire PERNIER</u></b>	<b><u>Assesseur</u></b>
<b>Monsieur le Docteur Patrice DENIS</b>	<b>Assesseur</b>
<b>Madame le Docteur Cécile VALERO</b>	<b>Membre invité</b>

# UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON I

Président de l'Université	M. le Professeur F. FLEURY
Président du Conseil Académique	M. le Professeur H. BEN HADID
Vice-Président du Conseil d'Administration	M. le Professeur D. REVEL
Vice-Président de la Commission Recherche du Conseil Académique	M. F. VALLEE
Vice-Président de la Commission Formation Vie Universitaire du Conseil Académique	M. le Professeur P. CHEVALIER

## SECTEUR SANTE

Faculté de Médecine Lyon Est	Directeur : M. le Professeur G. RODE
Faculté de Médecine et Maïeutique Lyon-Sud Charles Mérieux	Directeur : Mme la Professeure C. BURILLON
Faculté d'Odontologie	Directeur : M. le Professeur D. BOURGEOIS
Institut des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques	Directrice : Mme la Professeure C. VINCIGUERRA
Institut des Sciences et Techniques de la Réadaptation	Directeur : M. X. PERROT, Maître de Conférences
Département de Formation et Centre de Recherche en Biologie Humaine	Directrice : Mme la Professeure A.M. SCHOTT

## SECTEUR SCIENCES ET TECHNOLOGIES

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

# FACULTE D'ODONTOLOGIE DE LYON

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

## **SOUS-SECTION 56-01:**

### **PEDODONTIE**

Professeur des Universités :  
Maître de Conférences :  
Maître de Conférences Associée

M. Jean-Jacques MORRIER  
M. Jean-Pierre DUPREZ  
Mme Christine KHOURY

## **SOUS-SECTION 56-02 :**

### **ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE**

Maîtres de Conférences :

Mme Sarah GEBEILE-CHAUTY, Mme Claire PERNIER,

## **SOUS-SECTION 56-03 :**

### **PREVENTION - EPIDEMIOLOGIE ECONOMIE DE LA SANTE - ODONTOLOGIE LEGALE**

Professeur des Universités  
Maître de Conférences

M. Denis BOURGEOIS  
M. Bruno COMTE

## **SOUS-SECTION 57-01 :**

### **PARODONTOLOGIE**

Maîtres de Conférences :  
Maître de Conférences Associée

Mme Kerstin GRITSCH, M. Philippe RODIER,  
Mme Nina ATTIK

## **SOUS-SECTION 57-02 :**

### **CHIRURGIE BUCCALE - PATHOLOGIE ET THERAPEUTIQUE ANESTHESIOLOGIE ET REANIMATION**

Maîtres de Conférences :

Mme Anne-Gaëlle CHAUX-BODARD, M. Thomas FORTIN,  
M. Arnaud LAFON

## **SOUS-SECTION 57-03 :**

### **SCIENCES BIOLOGIQUES**

Professeur des Universités :  
Maîtres de Conférences :

M. J. Christophe FARGES  
Mme Béatrice THIVICHON-PRINCE, M. François VIRARD

## **SOUS-SECTION 58-01 :**

### **ODONTOLOGIE CONSERVATRICE - ENDODONTIE**

Professeurs des Universités :  
Maîtres de Conférences :

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

## **SOUS-SECTION 58-02 :**

### **PROTHESE**

Professeurs des Universités :  
Maîtres de Conférences :  
  
Maîtres de Conférences Associés

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

## **SOUS-SECTION 58-03 :**

### **SCIENCES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES OCCLUSODONTIQUES, BIOMATERIAUX, BIOPHYSIQUE, RADIOLOGIE**

Professeurs des Universités :  
Maîtres de Conférences :

Mme Brigitte GROSGOGEAT, M. Olivier ROBIN  
M. Patrick EXBRAYAT, Mme Sophie VEYRE-GOULET

## **SECTION 87 :**

Maître de Conférences

### **SCIENCES BIOLOGIQUES FONDAMENTALES ET CLINIQUES**

Mme Florence CARROUEL

# Monsieur le Professeur Olivier ROBIN

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

Praticien-Hospitalier

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur d'Etat en Odontologie

Doyen Honoraire de l'UFR d'Odontologie de Lyon

Habilité à Diriger des Recherches

Responsable de la sous-section « Biomatériaux, Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques, Biophysique et Radiologie »

*Vous nous faites le très grand honneur et privilège d'accepter la présidence de notre jury.*

*Nous vous remercions pour votre bienveillance et votre amabilité, ainsi que pour les connaissances sur l'appareil manducateur que vous nous avez transmises.*

*Veillez trouver dans ce travail l'expression de notre profond respect.*

# **Madame le Docteur Sarah CHAUTY**

Maître de Conférences à l'UFR d'Odontologie de Lyon

Praticien-Hospitalier

Docteur en Chirurgie Dentaire

Ancien Interne en Odontologie

Spécialiste qualifié en ODF

*Vous nous faites le très grand honneur et privilège d'accepter de siéger dans notre jury.*

*Nous vous remercions pour votre gentillesse et votre rigueur, que vous nous avez inculquée tout au long de nos études, et pour votre enseignement autant pratique et théorique qu'humain.*

*Veillez trouver dans ce travail l'expression de notre profonde estime.*

# **Madame le Docteur Claire PERNIER**

Maître de Conférences à l'UFR d'Odontologie de LYON

Praticien-Hospitalier

Docteur en Chirurgie Dentaire

Ancien Interne en Odontologie

Spécialiste qualifié en ODF

Responsable de la sous-section d'ODF

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

*Nous vous remercions pour votre savoir-faire, votre implication, votre enseignement et le sens clinique que vous nous avez inculqué.*

*Veillez trouver dans ce travail l'expression de notre profonde estime.*

# Monsieur le Docteur Patrice DENIS

Assistant hospitalo-universitaire au CSERD de Lyon

Ancien Interne en Odontologie

Docteur en Chirurgie Dentaire

Spécialiste qualifié en ODF

*Vous nous faites le grand honneur et l'immense plaisir d'accepter de siéger dans notre jury.*

*Nous vous remercions pour votre générosité, votre humour, et la précieuse aide que vous nous avez apportée tout au long de nos études. Certains moments musicaux resteront gravés dans notre mémoire.*

*Veillez trouver dans ce travail l'expression de notre profonde gratitude.*

# Madame le Docteur Cécile VALERO

Ancien Assistant hospitalo-universitaire au CSERD de Lyon

Ancien Interne en Odontologie

Docteur en Chirurgie Dentaire

Spécialiste qualifié en ODF

*Vous nous faites le très grand honneur et privilège d'avoir accepté la co-direction de cette thèse.*

*Nous vous remercions de votre amabilité et votre implication dans ce travail, ainsi que de nous avoir sensibilisé à tout l'aspect fonctionnel de notre spécialité.*

*Veillez trouver dans ce travail l'expression de notre profonde reconnaissance.*

**EFFETS DES TRAITEMENTS ORTHOPEDIQUES DE CLASSE II  
PAR ACTIVATEUR  
ET PAR GUIDE DE CROISSANCE (DU DR VALERO)  
SUR LA VERSION DE L'INCISIVE MANDIBULAIRE**

## Table des matières

Introduction .....	4
I. Revue de littérature : Appareils de classe II à visée orthopédique et version de l'incisive mandibulaire - Effets et moyens de contrôle.....	6
I. 1. Développement mandibulaire .....	6
I. 2. Les différentes formes cliniques de classe II squelettique.....	7
I. 2. A. Classe II division 1.....	7
I. 2. B. Classe II division 2.....	7
I. 2. C. Dimension transversale .....	8
I. 3. Indications d'un traitement de classe II à visée orthopédique conventionnel.....	9
I. 4. Description des différents types de traitements de classe II à visée orthopédique .....	10
I. 4. A. Prévention .....	10
I. 4. B. Interception en denture temporaire.....	11
I. 4. C. Appareils à ancrage dentaire.....	13
I. 4. C. a. Appareils amovibles à ancrage dentaire .....	13
I. 4. C. b. Appareils fixes à ancrage dentaire .....	28
I. 4. D. Appareils à ancrage mixte, dentaire et squelettique.....	39
I. 4. E. Appareil à ancrage purement squelettique.....	41
I. 5. Mécanismes d'action des différents appareils.....	43
I. 5. A. Propulsion forcée .....	43
I. 5. A. a. Propulsion forcée mécanique .....	43
I. 5. A. b. Propulsion forcée réflexe .....	45
I. 5. A. c. Limites de la propulsion forcée .....	46
I. 5. B. Propulsion volontaire .....	47
I. 6. Moyens de contrôle de la version incisive mandibulaire.....	48
I. 6. A. Contrôle direct .....	49
I. 6. B. Contrôle indirect .....	52
I. 7. Effets des différents types d'appareils sur la version incisive mandibulaire .....	56
I. 7. A. Appareils amovibles à ancrage dentaire .....	56
I. 7. A. a. Appareils amovibles à propulsion forcée mécanique .....	57
I. 7. A. b. Appareils amovibles à propulsion forcée réflexe.....	58
I. 7. B. Appareils fixes à ancrage dentaire .....	58
I. 7. C. Appareils à ancrage mixte squelettique et dentaire .....	60
I. 7. D. Appareils à ancrage purement squelettique .....	61
II. Propulsion volontaire : mécanisme d'action et description du guide de croissance (G2C).....	62

II. 1. Description du guide de croissance.....	62
II. 2. Fonctionnement du guide de croissance .....	63
II. 2. A. Croissance mandibulaire et équilibre musculaire .....	63
II. 2. B. Action sur la cinématique mandibulaire .....	65
II. 2. C. Différence avec la propulsion forcée .....	67
II. 3. Fabrication du guide de croissance .....	67
II. 4. Utilisation clinique par le praticien et le patient.....	68
II. 5. Indications et contre-indications.....	70
III. Comparaison des effets de l'activateur monobloc et du guide de croissance sur la version de l'incisive mandibulaire : une étude clinique rétrospective .....	71
III. 1. Objectif de l'étude.....	71
III. 2. Matériel et méthode .....	71
III. 3. Analyse statistique .....	73
III. 4. Résultats .....	73
III. 5. Discussion .....	76
Conclusion .....	79
Index des illustrations .....	80
Index des tableaux .....	82
Bibliographie .....	83

# Introduction

Selon Izard, le traitement orthopédique des rétromandibulies est l'un des problèmes les plus intéressants de l'orthopédie dentofaciale (1).

La malocclusion de classe II est définie par une occlusion des dents mandibulaires plus distalement que la normale (2). Selon Proffit (3) 25 à 30% de la population présenterait une classe II squelettique. Selon une étude de Le Guedard-Girault, les classes II dentaires sont associées dans 87% des cas à une classe II squelettique (4), qui par ailleurs ne tend pas à se corriger spontanément avec la croissance (5).

Nous nous intéresserons aux thérapeutiques orthopédiques que l'on peut mettre en place pour corriger une classe II squelettique lorsque le patient a encore du potentiel de croissance. Les thérapeutiques orthodontiques et orthodontico-chirurgicales qui peuvent être mises en place quand il n'y a plus de croissance ne seront pas traitées dans ce travail.

Les malocclusions de classe II sont généralement corrélées à une rétromandibulie plutôt qu'à une promaxillie (6)(7). C'est pourquoi l'objectif de nos thérapeutiques est de stimuler la croissance mandibulaire. Les thérapeutiques existantes sont nombreuses et diverses mais s'appuient en général sur un même principe : faire réaliser au patient une propulsion forcée afin de décompresser les condyles mandibulaires, et ainsi stimuler la croissance des cartilages condyliens. L'inconvénient principal de cette technique est qu'elle provoque une contraction réflexe des muscles rétropulseurs de la mandibule (8), favorisant la récurrence, et à l'origine d'effets secondaires non souhaités.

Ces effets secondaires se manifestent notamment par des compensations dento-alvéolaires. L'effet majeur observé est la vestibuloversion des incisives mandibulaires. Dans les cas où elle n'est pas souhaitée (axes incisifs corrects ou déjà vestibuloversés, parodontite fin, fenestrations osseuses, récessions parodontales...), cette vestibuloversion impacte directement nos thérapeutiques. En effet, la partie du surplomb consommée par la compensation ne sera pas utilisée pour corriger le décalage squelettique. Selon Lautrou (9), la meilleure garantie pour obtenir une bonne réponse squelettique est de maîtriser la version des incisives. Pour lui (10), la récurrence des cas traités par activateur se manifeste lorsque la réponse squelettique est faible et les compensations dento-alvéolaires fortes.

Pour pallier à ce problème, le Dr Valero a émis l'hypothèse que la propulsion volontaire du patient permettrait d'éviter une contraction réflexe des muscles rétropulseurs de la mandibule, car initialement leur étirement ne serait pas forcé, et par conséquent elle ne provoquerait pas d'« effet tiroir » de vestibuloversion des incisives mandibulaires. C'est en partant de cette hypothèse qu'il a

mis au point le Guide de Croissance, un appareil d'orthopédie de classe II basé sur la propulsion volontaire du patient et nécessitant donc une part importante d'éducation de celui-ci sur le positionnement de sa mandibule.

La première partie de notre travail sera consacrée à étudier les effets des différents traitements de classe II décrits dans la littérature sur la version de l'incisive mandibulaire ainsi qu'aux différents moyens de contrôle de cette version.

Une deuxième partie décrira le Guide de Croissance et son mécanisme d'action.

La dernière partie sera consacrée à une étude dont l'objectif est de tester l'hypothèse selon laquelle il n'y aurait pas de différence entre traitement par propulsion forcée ou propulsion volontaire sur la version de l'incisive mandibulaire. Les effets de deux types d'appareils à visée orthopédique seront comparés rétrospectivement : l'un étant l'activateur monobloc de classe II associé à une force extra-orale (FEO), basé sur la propulsion forcée (réalisé dans l'unité fonctionnelle d'Orthopédie Dento-Faciale du Centre de Soins Dentaires (CSD) de Lyon), et l'autre le Guide de Croissance, basé sur la propulsion volontaire (réalisé au cabinet du Dr Valero à Aubenas, Ardèche).

# I. Revue de littérature :

## Appareils de classe II à visée orthopédique et version de l'incisive mandibulaire Effets et moyens de contrôle

### I. 1. Développement mandibulaire

Le développement de la mandibule, pour la majeure partie de ses composantes squelettiques, est de type secondaire ou adaptatif. Selon Delaire, le condyle aurait également un certain potentiel de croissance primaire (11).

La stimulation de la croissance mandibulaire est réalisée chez le fœtus par le mouvement de succion-déglutition, puis chez le nourrisson par la tétée au sein, qui amène rythmiquement la totalité de la mandibule en avant pour capter le mamelon et le vider. Selon Couly, la direction des travées osseuses en atteste (12).

Puis, avec la mastication, chaque héli-mandibule va alternativement se déplacer latéralement et en avant. La stimulation de développement ne va plus se produire que d'un côté à la fois (11).

Selon Couly (12) : « Les nourrissons à petite langue ou à succion défailante ont un palais étroit et une petite mandibule ». La mandibule pourrait néanmoins développer une taille normale si par la suite la fonction de mastication est équilibrée, car selon l'auteur la composante épigénétique fonctionnelle a un rôle important dans le développement postnatal de l'enfant.

Le dispositif thérapeutique orthopédique devra respecter, voire réhabiliter et stimuler la gestuelle mandibulaire manducatrice (11).

## I. 2. Les différentes formes cliniques de classe II squelettique

### I. 2. A. Classe II division 1

Dans les classes II division 1, la mandibule est presque toujours hypodéveloppée (13) et dans 87% des cas la classe II dentaire est associée à une classe II squelettique (4).

Une proalvéolie maxillaire caractéristique avec avancée des apex est constatée, qui est toujours d'origine fonctionnelle (14)(15).

Concernant l'incisive mandibulaire, il existe plusieurs cas de figure :

- Parfois la lèvre inférieure s'appuie souvent fortement contre les incisives mandibulaires. Il peut y avoir des signes de souffrance parodontale liés à cette compression, comme une récession parodontale et/ou de l'inflammation.

Dans ce cas on observe une rétroalvéolie mandibulaire globale avec recul des apex, d'origine fonctionnelle (11).

- Dans d'autres cas le tonus de la lèvre inférieure peut être normal, voire diminué.
  - o Parfois seule la partie muqueuse de la lèvre s'interpose entre les incisives, permettant « l'étanchéité labiale inférieure du rétrognathe » selon Deffez (16).
  - o Dans d'autres cas, les lèvres sont en inoclusion et ne s'interposent pas entre les dents. Dans ces cas il faut vérifier si c'est la langue qui réalise le « verrouillage antérieur » de Ballard (17) ; la langue peut laisser un espace témoignant d'une ventilation buccale ; ou bien elle peut être en contact avec la lèvre inférieure, témoignant souvent d'un tic de succion (11).

Dans ces situations, on peut observer une vestibuloversion compensatrice des incisives mandibulaires.

### I. 2. B. Classe II division 2

Il existe deux types de classe II division 2 (18) :

- la classe II division 2 primitive, dans laquelle le facteur génétique est prépondérant,
- et la classe II division 2 secondaire, dite dysfonctionnelle.

Dans la classe II division 2 primitive, on retrouve une classe I ou III squelettique, alors que dans la classe II division 2 secondaire, on retrouverait une classe II squelettique par rétromandibulie (19).

Ce sont par conséquent les classes II division 2 secondaires qui nous intéresseront dans la suite de notre travail.

Concernant les incisives (19) :

- Dans tous les cas, il existe une palatoversion des incisives maxillaires, avec racine proche de la corticale alvéolaire externe.
- Dans les cas de classe II division 2 primitive, l'incisive mandibulaire est linguoversée, alors que dans la classe II division 2 secondaire, elle est plus vestibuloversée.

Des lésions parodontales peuvent être constatées au niveau palatin des incisives maxillaires et vestibulaire des incisives mandibulaires (19).

Dans les classes II division 2, la priorité est de lever les obstacles occlusofonctionnels, notamment la supraclusion, et de rééduquer la déglutition et la mastication. Selon Frapier (19), la thérapeutique multiattache est la plus indiquée pour le contrôle du torque incisif maxillaire.

### I. 2. C. Dimension transversale

En 1967, Bouvet (20) a mis en évidence dans une étude statistique sur 1243 enfants 591 cas de classe II soit 47,5%. Chez ces patients présentant une classe II, 33% avaient une mandibule plus large que le maxillaire, 13,9% au contraire présentaient une mandibule plus courte et plus étroite que le maxillaire (micromandibulie globale), et pour 53,1% les rapports transversaux étaient normaux.

Pour Delaire (21), une mandibule courte et large n'a pas la même signification qu'une micromandibulie globale. Cette dernière a moins de potentiel de croissance, et le pronostic du traitement orthopédique est moins favorable.

Selon Kolf (11), une expansion transversale maxillaire est toujours nécessaire. En effet, la partie postérieure de l'arcade maxillaire s'engrène toujours avec une partie plus antérieure de l'arcade mandibulaire, cela a pour conséquence une non-concordance des diamètres transversaux lorsqu'on met le patient en propulsion. L'expansion peut être modérée en cas d'occlusion transversale normale, et plus importante en cas d'occlusion croisée uni voire bilatérale.

### I. 3. Indications d'un traitement de classe II à visée orthopédique conventionnel

Les appareils de classe II à visée orthopédique existants présentent un certain nombre d'indications (22) :

- Patient avec potentiel de croissance mandibulaire : le pronostic est favorable dans les classes II d'origine fonctionnelle
- Typologie hypodivergente ou normodivergente. L'hyperdivergence constitue une contre-indication. Toutefois, il faut distinguer les cas de « pseudo-hyperdivergence » dans lesquels la divergence est due à une bascule du plan palatin en haut et en avant sous l'action d'habitudes de succion. Ces cas répondent favorablement au traitement orthopédique après arrêt des habitudes de succion.
- Peu ou pas de compensation alvéolaire mandibulaire. Ce critère est discuté. La vestibuloversion incisive mandibulaire constitue un verrou occlusal dès qu'il y a établissement d'un contact incisif. De plus, selon Boileau, **les thérapeutiques tendent à augmenter cette version**, qu'il faudra corriger pendant la phase orthodontique parfois avec des avulsions de prémolaires. Si la vestibuloversion se corrige spontanément pendant la phase de surveillance, elle peut créer un encombrement qui devra également être traité dans la phase orthodontique. Ceci impose donc une phase orthodontique longue qui réduirait l'intérêt de la phase orthopédique. Cependant, certains auteurs estiment que la phase orthopédique limiterait les cas d'avulsions dont le but est de compenser le décalage occlusal et elle améliorerait le résultat esthétique.
- Peu ou pas d'encombrement : comme pour le critère précédent et pour les mêmes raisons, les avis sont partagés.

Ces indications présentent certaines limites qui ont motivé la recherche de solutions, expliquant l'apparition de divers moyens thérapeutiques.

## I. 4. Description des différents types de traitements de classe II à visée orthopédique

### I. 4. A. Prévention

#### Ventilation nasale

La ventilation nasale assurerait chez l'enfant, en l'absence de dysfonctions, l'installation de postures correctes. Elles seront un guide favorable à la croissance et au développement de l'enfant (23).

La perte de la force du flux nasal aérien constitue une situation fonctionnellement anormale, et entraîne une déviation du courant ventilatoire par l'étalement buccal, provoquant un ensemble d'adaptations posturales, céphalique/rachidienne et mandibulaire.

L'acquisition d'une nouvelle attitude posturale de la mandibule en rotation postérieure impose un nouvel équilibre entre les muscles élévateurs et abaisseurs (24).

Pour favoriser une ventilation nasale plusieurs recommandations existent (24) :

- Surveillance active de la ventilation nasale, hygiène rigoureuse des voies respiratoires hautes.
- Coucher les nourrissons sur le côté (et non sur le ventre car cela favoriserait une ventilation buccale et la persistance de la rétromandibulie néo-natale). Cette position diminue également le risque de mort subite du nourrisson.
- Dépistage précoce des allergies, syndrome d'apnée du sommeil, tabagisme passif.

#### Allaitement maternel et alimentation consistante

En 1989, l'OMS (25) recommande de nourrir les nouveau-nés exclusivement au sein pendant 4 à 6 mois, pour des raisons nutritives.

Selon Planas (26), favoriser l'allaitement maternel jusqu'à l'âge de 1 an ou au moins jusqu'à l'apparition des incisives temporaires, puis par la suite privilégier une alimentation assez consistante chez le jeune enfant permettrait de stimuler la croissance mandibulaire par la fonction de tétée puis par la mastication.

Le nouveau-né déglutit avec la langue et la mandibule en propulsion (27).

Une tétée correcte, par sa durée et le travail musculaire qu'elle demande, assouvirait le besoin physiologique de succion du nouveau-né, prévenant en partie la succion des doigts ou de sucette (40 % des enfants allaités au sein ne sucent ni doigt, ni sucette contre 18% chez les enfants nourris au biberon (28)).

## Suppression des parafonctions

La succion digitale, de la tétine ou d'un autre objet et la tétée de la langue, représentent des parafonctions pouvant entraîner des dysmorphoses et doivent être supprimées (24). Cependant, elles sont souvent le signe d'une immaturité affective de l'enfant qui doit être prise en compte. Des recours mécaniques sont possibles (grille à langue etc.) pour aider l'enfant mais ne doivent pas lui être imposés contre son gré.

### I. 4. B. Interception en denture temporaire

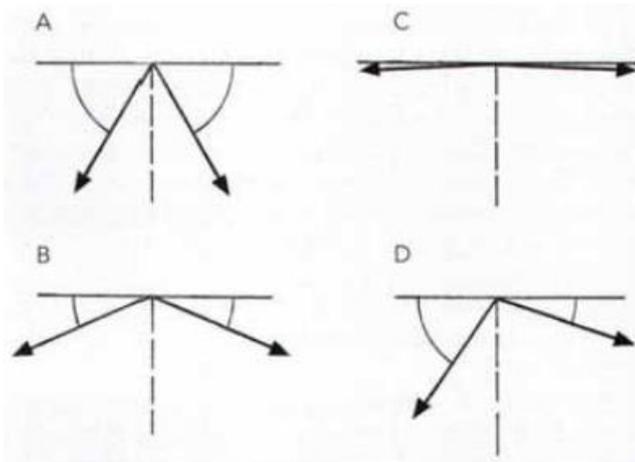
#### Meulages sélectifs en denture temporaire

C'est l'usure raisonnée des dents lactéales telle qu'elle aurait dû s'effectuer si l'enfant avait toujours mastiqué de façon unilatérale alternée. Selon Planas (26), vers 2-3 ans les versants distaux des canines mandibulaires en occlusion peuvent être meulés, sans toucher à la dimension verticale, puis en latéralité, l'émail du bord mésial des canines maxillaires peut être éliminé pour rendre les angles fonctionnels masticateurs de Planas (ou AFMP) plus petits (Fig. 1 et 2) et permettre d'améliorer la fonction de mastication.

Les meulages doivent être progressifs, fractionnés au cours du temps et correspondre à ce que la nature aurait éliminé physiologiquement (29).

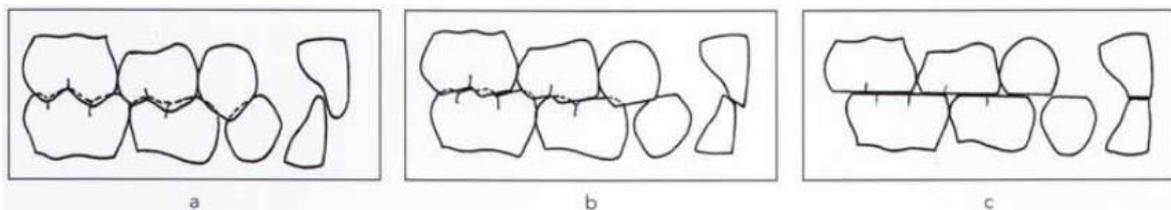
Selon Xhervelle (30), dans les cas où il existait initialement un côté prépondérant, les meulages réalisés surtout du côté non fonctionnel permettraient de restaurer une mastication unilatérale alternée.

Les meulages permettraient de libérer et faciliter les mouvements latéraux et en déplaçant la position du sommet des cuspidés permettraient un mouvement de mésialisation globale de la mandibule qui participerait à l'allongement progressif de celle-ci (29).



**Figure 1.** Différents types d'angles fonctionnels masticateurs de Planas (AFMP) (Limme, 2006) (29)

- A. Déplacements très verticaux lors des latéralités mandibulaires. L'absence de modelage adaptatif des reliefs cuspidiens serait le signe d'une mastication peu puissante, vraisemblablement face à une alimentation attendrie
- B. Déplacements plus horizontaux lors des latéralités mandibulaires. Morphologie cuspidienne adaptée à une mastication fonctionnelle puissante
- C. AFMP presque nuls, déplacements mandibulaires latéraux quasi horizontaux, disparition presque totale des reliefs cuspidiens. Peut se rencontrer chez des enfants en fin de denture temporaire, ou chez des adultes âgés, ou encore chez des populations ayant conservé des habitudes alimentaires primitives sans aliments attendris, raffinés ou ramollis
- D. Inégalité des AFMP droite et gauche, asymétrie des trajets mandibulaires en latéralité. Mastication préférentielle du côté où l'AFMP est le plus petit, autrement dit celui où l'augmentation de la dimension verticale en latéralité est la plus faible



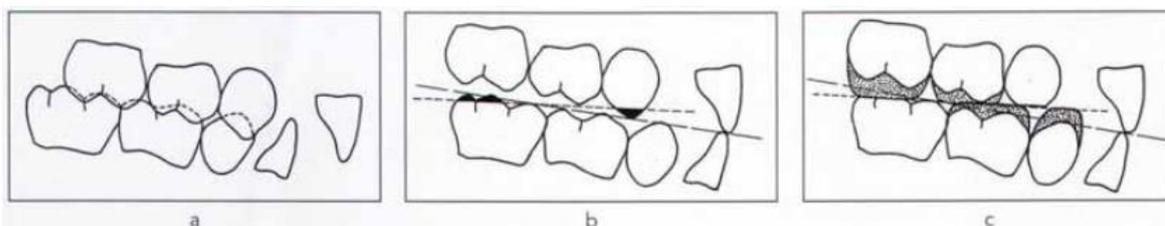
**Figure 2.** Meulages sélectifs en denture temporaire (Limme, 2006)(29)

- a. Occlusion en denture temporaire non usée
- b. Meulages sélectifs
- c. Occlusion attritionnelle

### Pistes directes en composite

La classe II est accompagnée d'une absence d'usure dentaire qui verrouille l'intercuspitation, et d'un plan occlusal relevé en haut et en arrière, ce qui constitue pour Planas l'anomalie la plus importante à corriger dans cette malocclusion (29).

Les pistes directes (Fig. 3) sont des apports de résine composite collés sur les dents lactéales (31). Elles permettraient de déverrouiller l'occlusion en ajoutant sur les surfaces occlusales des épaisseurs progressives de composite afin de changer l'orientation et la situation du plan occlusal afin de le rendre parallèle au plan de Camper, situation considérée comme physiologique par Planas. Ces ajouts de composite doivent être réalisés dent par dent afin d'éviter de solidariser les dents entre elles et empêcherait leur mouvement physiologique (29).



***Figure 3. Pistes directes de classe II (Limme, 2006)(29)***

*a. Occlusion de classe II en denture temporaire non usée : plan occlusal relevé en haut et en arrière*

*b. Propulsion mandibulaire en bout à bout incisif : meulage de la canine maxillaire et de la deuxième molaire mandibulaire pour permettre l'horizontalisation du plan occlusal thérapeutique*

*c. Pistes directes en composite horizontalisant le plan occlusal et provoquant la propulsion mandibulaire*

#### I. 4. C. Appareils à ancrage dentaire

##### I. 4. C. a. Appareils amovibles à ancrage dentaire

Les activateurs de croissance sont des appareils à visée orthopédique et fonctionnelle qui induisent une position de morsure mandibulaire inhabituelle, reproductible, et guidée par un positionnement occlusal, muqueux ou mécanique (32).

Selon Lautrou, il existe trois grandes familles d'activateurs de croissance. Leur classification est fondée sur les caractéristiques des dispositifs de positionnement de la morsure mandibulaire : les activateurs monoblocs rigides, les activateurs élastiques ou composites, et les activateurs propulseurs à butée (33).

### Activeurs monoblocs rigides

Ce sont des dérivés de ceux de Robin et d'Andresen. Ils possèdent une interposition de résine entre les arcades en occlusion et guident la mandibule dans une position de référence. Ce sont des « tooth borne appliances », des dispositifs qui renforcent leur action de morsure à partir de la proprioception desmodontale. Ils peuvent être associés à de nombreux auxiliaires, notamment des forces extra-orales (FEO) ou des écrans vestibulaires.

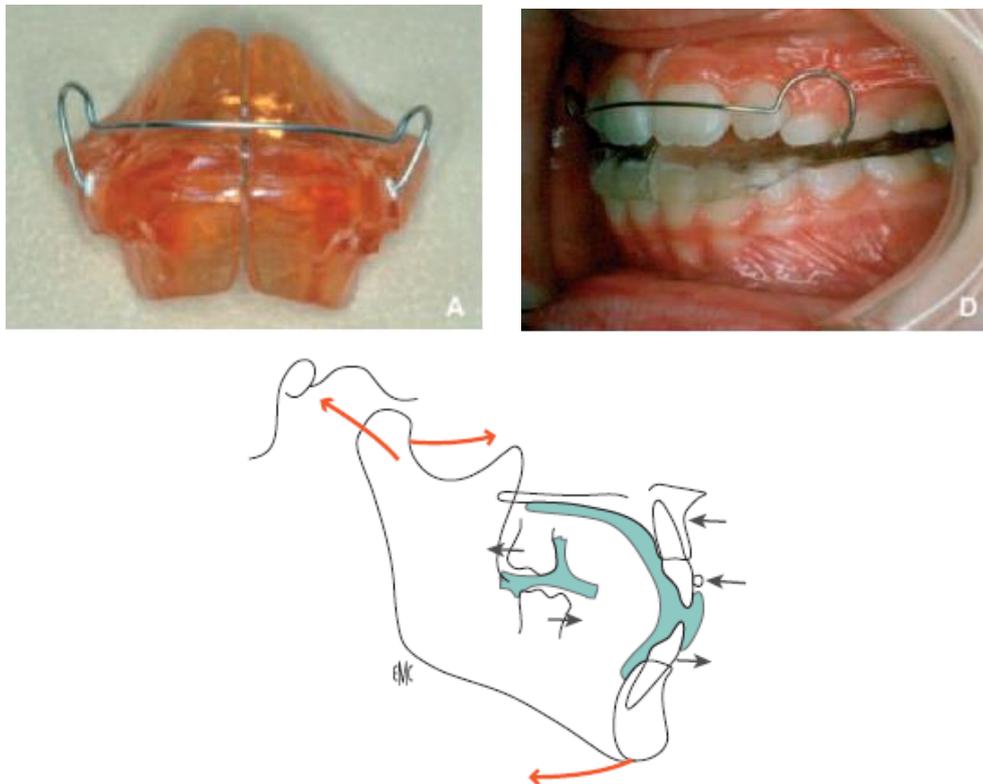
Exemples :

Activeur d'Andresen (sans FEO) (Fig. 4)

Activeur de Lautrou (avec FEO) (Fig. 5 et 6)

Activeur de Harvold-Woodside

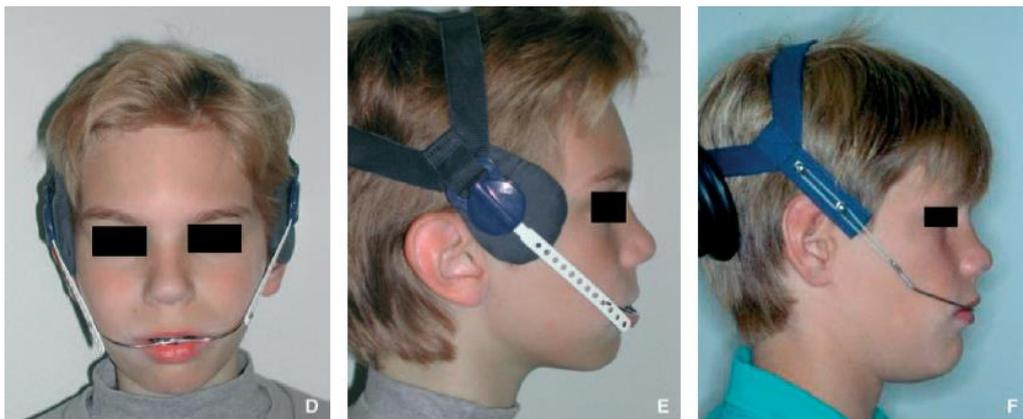
Activeur de Herren (Fig. 7)



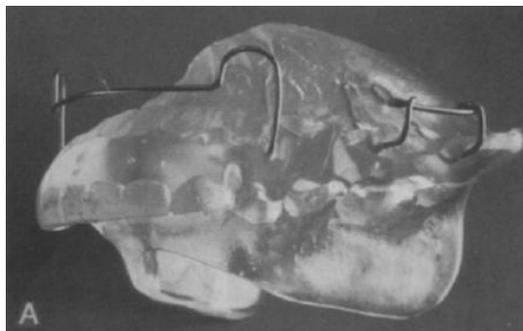
**Figure 4.** Activeur d'Andresen (Kolf, 2008)(11)



***Figure 5. Activateur de Lautrou avec FEO à charnière (Chiche-Uzan, 2009)(34)***



***Figure 6. Vues exobuccales d'un activateur associé à une FEO (Chiche-Uzan, 2009)(34)***



***Figure 7. Activateur de Herren (monobloc modifié) (Weiland, 1997)(35)***

#### *Activateurs élastiques ou composites*

Ils sont dérivés du Gebissformer de Bimler. Ils ont un dispositif de propulsion de la mandibule qui lui laisse une liberté de mouvement tout en la guidant, ce qui n'est pas le cas pour le monobloc (qui donne une seule référence de morsure).

La prescription de morsure varie en intensité, elle est réglée par des informations à point de départ dentaire pour les tooth borne appliances (appareils de Bimler et Stockfish) et à point de départ muqueux pour les tissue borne appliance (appareils de Fränkel et Bass) (32).

Ils peuvent également être associés à des auxiliaires de type FEO ou des écrans vestibulaires.

Exemples :

Bionator de Balters

Appareil de Bimler (36)

Appareil de Stockfish

Appareil de Fränkel

Appareil de Bass

FOMA II de Vardimon (Functional Orthopedic Magnetic Appliance)

Bionator de Balters (34) (Fig. 8)

C'est un activateur modifié d'après la philosophie de Balters. Il est constitué par un bloc de résine interposé entre les arcades, un bandeau vestibulaire, une anse palatine. Des écrans vestibulaires et/ou linguaux peuvent être ajoutés mais aucun dispositif actif (vérin, ressort) n'est présent.



***Figure 8. Bionator de Balters (Landazuri, 2013)***

Appareil de Bimler (37)(34) (Fig. 9)

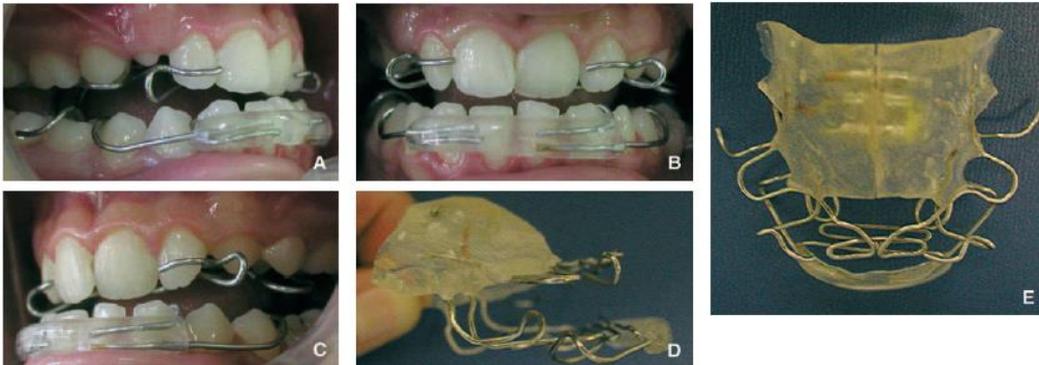
L'appareil de Bimler est myodynamique et cherche à agir sur l'activité musculaire qu'il engendre et sur la position et la fonction linguale. Il en existe trois types dont les indications dépendent de la classe d'Angle et de la position des incisives : le type A, standard, pour les classes II division 1 (incisives maxillaires vestibuloversées) ; le type B pour les classes II division 2 (incisives maxillaires linguoversées) et le type C pour les classes III.

L'appareil est composé deux parties, maxillaire et mandibulaire, reliées en distal par des arcs labiolinguaux.

Un écran labial en résine se trouve en vestibulaire des incisives mandibulaires, sur lequel doit se poser le bord occlusal des incisives maxillaires. Deux ressorts se trouvent derrière les incisives maxillaires permettant une correction de leur positionnement. Le bord occlusal des incisives mandibulaires doit être en contact avec ces ressorts qui jouent le rôle de plan d'épaisseur.

Ainsi se trouve reconstitué par la résine pré-incisive mandibulaire et les ressorts rétro-incisifs maxillaires un dispositif similaire à l'équipplan de Planas.

L'appareil est construit en occlusion sagittale corrigée et en surélévation, permettant l'égression des dents postérieures. Le bandeau vestibulaire en résine permet de supprimer l'appui de la lèvre inférieure (38).



**Figure 9.** *Gebissformer de Bimler* (Chiche-Uzan, 2009)(34)

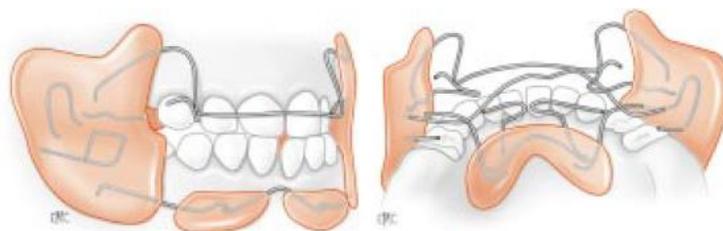
Régulateur de fonctions de Fränkel (34) (Figs. 10 et 11)

Le régulateur de fonctions de Fränkel est constitué par trois types d'écrans en résine réunis par des fils métalliques :

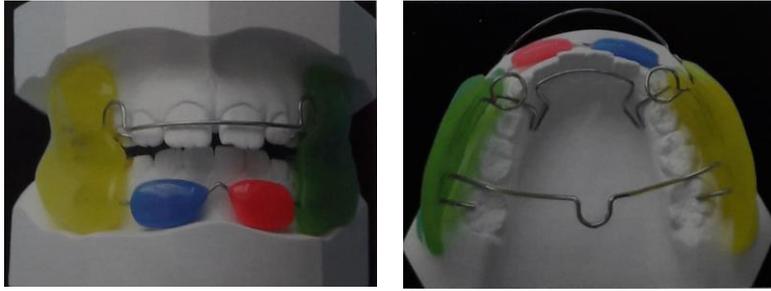
- Des écrans vestibulaires ou jugaux pour maintenir les muscles orbiculaire et buccinateur à distance,
- Des pelotes labiales mandibulaires pour éloigner l'orbiculaire,
- Un écran lingual qui s'appuie sur la langue.

Le FR I est indiqué dans les classes II division 1 et le FR II dans les classes II 2.

L'appareil induit une tension au niveau des sillons vestibulaires et favorise l'effet de la langue à l'intérieur des arcades. Le régulateur permettrait une expansion des arcades dans les trois sens de l'espace, de corriger le manque de tonus de la musculature orofaciale et une protrusion mandibulaire.



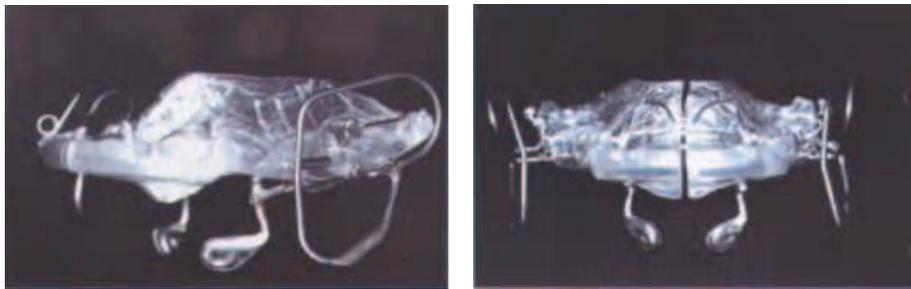
**Figure 10.** *Régulateur de fonctions de Fränkel* (Dunglas, 2002)(32)



***Figure 11. Régulateur de Frankel sur moulages (Patti, 2011)(39)***

**Appareil de Bass** (Fig. 12)

Bass règle la quantité de propulsion mandibulaire avec un dispositif de pelotes linguales à appui muqueux (32).

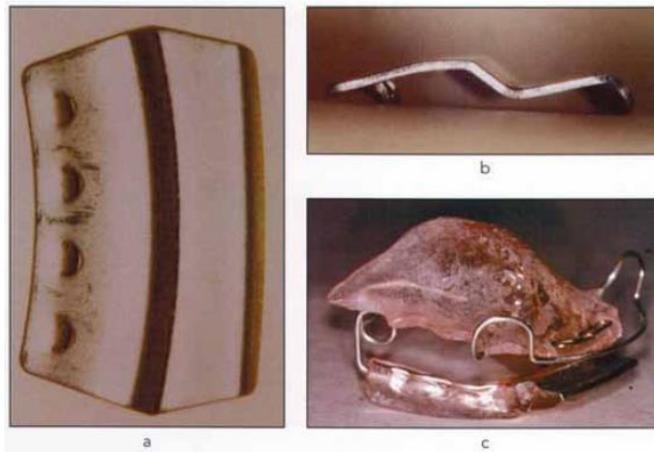


***Figure 12. Appareil de Bass (Illing, 1998)(40)***

**Equiplan de Planas** (Fig. 13)

L'équiplan de Planas n'est pas un appareil conçu pour l'orthopédie de classe II, mais pour corriger les supraclusions. Cependant, il permet des mouvements de latéralité et de propulsion mandibulaire et pourrait générer une nouvelle attitude posturale mandibulaire, plus antérieure, de par la suppression de l'obstacle constitué par la supraclusion. Ainsi il pourrait permettre une correction de la rétromandibulie (29). Pirson (41) a cependant constaté que l'équiplan présentait un risque de vestibuloversion indésirable des incisives mandibulaires.

Il s'agit d'un plan de morsure antérieur constitué d'une plaque en acier présentant une marche préformée sur laquelle repose de part et d'autre le bord libre des incisives maxillaires et mandibulaires. Pour maintenir l'équiplan en place, il est inséré dans la résine d'un appareil amovible inférieur qui est relié à une plaque supérieure par un dispositif bilatéral de ressort.



**Figure 13. Equiplan de Planas** (Limme, 2006)(29)

*a. isolé en vue occlusale ; b. isolé en vue latérale ; c. monté sur un appareil*

#### *Activateurs propulseurs à butée*

Ils sont constitués d'un dispositif de propulsion qui guide mécaniquement la mandibule en s'appuyant sur les arcades dentoalvéolaires maxillaire et mandibulaire, soit par des bases en résine, soit par des dispositifs fixes. Ils peuvent également comporter des auxiliaires de type FEO ou tractions élastiques.

Exemples :

Bielles de Herbst

Bielle centrale de Martine-Tavernier

Hyperpropulseur à paravent de Château et Le Gall

Quatre pièces de Château

Twin-Block de Clark

Hyperpropulseur de Bassigny

PUL (Propulseur Universel Light)

#### Bielles de Herbst (Fig. 14)

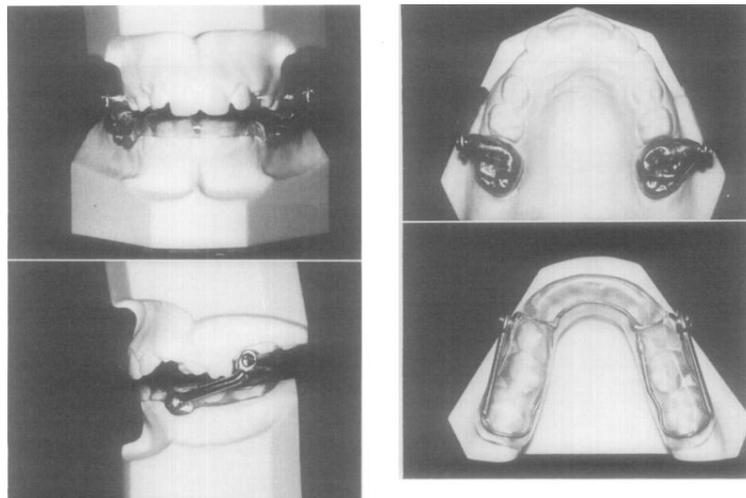
Il s'agit d'une double bielle portée par deux gouttières en résine maxillaire et mandibulaire, souvent utilisée en denture mixte. L'inconvénient selon Kolf (11) est que les bielles sur gouttières ne permettent pas une mobilité dentaire permettant des ajustements occlusaux. Cela empêcherait l'égression des molaires maxillaires qui serait à favoriser pour obtenir une correction du plan d'occlusion, en bas et en arrière. Cet effet indésirable se manifeste d'ailleurs par une béance postérieure lors de l'arrêt des bielles.



***Figure 14. Bielles de Herbst amovibles***

Bielles de Herbst modifiées sur couronnes maxillaires et gouttière mandibulaire amovible (Fig. 15)  
 L'appareil est constitué de bielles reliant deux couronnes en acier scellées sur les molaires maxillaires à une gouttière amovible à la mandibule. Cela permettrait une meilleure hygiène bucco-dentaire et permettrait de réaliser des ajustements lors de l'éruption des dents permanentes.

La coopération du patient serait bonne car quand la gouttière mandibulaire est retirée, les bras télescopiques des bielles fixés sur le maxillaire le gêneraient car ils empiètent sur la muqueuse vestibulaire mandibulaire (42).



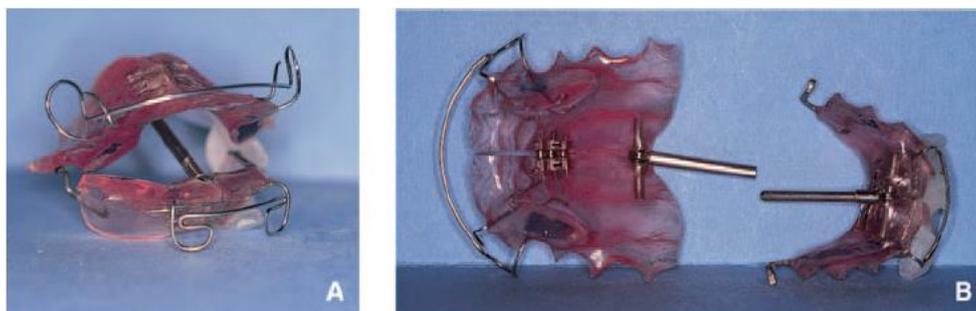
***Figure 15. Bielles de Herbst avec gouttière mandibulaire amovible (Valant, 1989)(42)***

#### Bielle de Martine-Tavernier

Elle est indiquée dans les cas où l'avancée mandibulaire n'augmente pas la dimension verticale en occlusion d'intercuspitation maximale, donc les cas de recouvrement incisif normal ou d'infraclusion antérieure (43).

Elle peut être portée par deux plaques, supérieure et inférieure, équipées de crochets d'Adams, ou par deux plaques à pistes de Planas (Fig. 16) (26) sans aucun crochet. Les plaques à pistes sont conçues pour respecter et encourager la cinématique mandibulaire. L'appareil permet une correction de la dimension transversale grâce au vérin médian de la plaque supérieure et de restaurer un contact

bilabial et la rupture du couple dysfonctionnel lèvre-langue qui entraînait la malocclusion. Il doit être porté en dehors des repas. Selon Kolf, en denture temporaire ou mixte la correction se fait en 6 à 9 mois, et en denture définitive 12 à 18 mois avec un port de 12 heures/jour (11).



**Figure 16.** *Bielle centrale de Martine-Tavernier sur plaques à pistes (Kolf, 2008)(11)*

Hyperpropulseur à paravent de Château et Le Gall (Fig. 17)

On peut citer cet appareil inventé en 1975 (44) constitué d'une plaque inférieure tenue par quatre crochets complétée d'un mur vestibulaire remontant jusqu'à 2 mm du fond du vestibule supérieur, devant le groupe incisivo-canin jusqu'à la 2<sup>e</sup> prémolaire maxillaire. Le patient ne pouvait pas faire passer ce mur derrière les incisives maxillaires sans ouvrir inconfortablement la bouche et restait en hyperpropulsion qui était la posture la moins inconfortable.



**Figure 17.** *Hyperpropulseur à « paravent » (Château, 1975)(44)*

« Trois-pièces » de Château (Fig. 18)

Il est indiqué dans les cas sans supraclusion. La première pièce est une plaque palatine munie de tubes porte-accessoires et d'un vérin médian. La deuxième une plaque mandibulaire simple. La troisième un arceau de propulsion amovible : l'agent propulsant par butée. Il s'agit d'un fil d'acier de 0,5 mm de diamètre en forme de W dont les branches terminales s'enfilent dans les tubes mésiaux

de la première pièce. Sa partie médiane en forme de V à sa pointe inférieure est située derrière la symphyse de la plaque mandibulaire, obligeant la mandibule à propulser de la quantité voulue en fermeture. L'appareil peut être porté toute la journée en dehors des repas. Il autorise les mouvements mandibulaires sans les encourager (45).



**Figure 18.** « Trois-pièces » de Château (Kolf, 2006)(11)

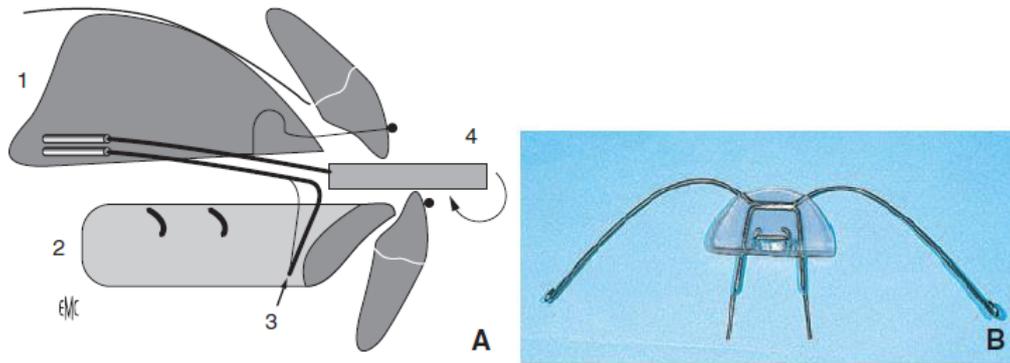
*Plaques palatine et mandibulaire, et arceau de propulsion*

« Quatre pièces » de Château (46) (Fig. 19)

Il est indiqué dans les cas de supraclusion. Il s'agit d'un équiplan épais couplé à un plan de surélévation rétro-incisif supérieur. Il permet de corriger la supraclusion par blocage de l'égression des incisives maxillaires et mandibulaires et égression des molaires. L'équiplan ne doit pas entrer en contact avec les plaques mais seulement avec les dents. Son épaisseur conseillée est de 3 mm. Il est porté par deux fils d'acier insérés dans les tubes latéraux de la plaque palatine. En cas de promaxillie, une FEO peut être ajoutée au dispositif. L'appareil doit être porté 12 heures/jour.

Selon Kolf, le quatre-pièces respecte la cinématique mandibulaire comme en témoigneraient les traces d'usure en forme d'arc gothique laissées par le frottement des incisives mandibulaires sur la face inférieure de l'équiplan.

Au fur et à mesure de la correction la propulsion peut être ajustée soit en raccourcissant la partie des tiges insérées dans les tubes, soit en changeant l'arceau de propulsion.



**Figure 19.** « Quatre-pièces » de Château (Kolf, 2006)(11)

*A : 1. Plaque palatine munie de tubes porte-accessoires ; 2. Plaque mandibulaire ;  
3. Arceau de propulsion ; 4. Equiplan épais  
B : FEO adjointe au « quatre-pièces »*

Twin-Block de Clark (Fig. 20)

L'appareil est constitué de deux plaques, maxillaire et mandibulaire, comprenant des blocs en acrylique avec des plans de guidage inclinés qui en coulissant l'un contre l'autre lors de la fermeture buccale imposent une avancée mandibulaire (47).



**Figure 20.** Twin-Block

Sander bite-jumping appliance (Fig. 21)

L'appareil est constitué de deux plaques acryliques supérieure et inférieure. La plaque supérieure comporte deux prolongations métalliques au niveau du palais qui de par leur inclinaison poussent la mandibule en avant quand elles rencontrent le plan incliné acrylique situé sur la face linguale de la plaque inférieure. Les bords incisifs mandibulaires sont recouverts de résine acrylique (47).



***Figure 21. Bite jumping appliance (Burhan, 2014)(47)***

Propulseur Universel Light© ou PUL (Fig. 22)

Mis au point par Callabe et Morin, c'est un dérivé des bielles de Herbst. Le dispositif de propulsion est modifié par adjonction de ressorts au niveau des bielles pour permettre une propulsion plus douce, les rotules permettent une parfaite liberté de mouvement à la mandibule sauf en rétro-pulsion. En fonction des besoins, on peut y incorporer un vérin d'expansion transversale, un lip bumper, des ressorts pour vestibuler les incisives mandibulaires, un élastique antérieur pour linguoverser les incisives maxillaires (22).



***Figure 22. PUL (Arbouin, 2017)(48)***

Plaques à pistes de Planas, ou appareils à pistes de rodage (29)

Utilisées seules, ce ne sont pas des propulseurs à butée à proprement parler car ne présentent pas de butée.

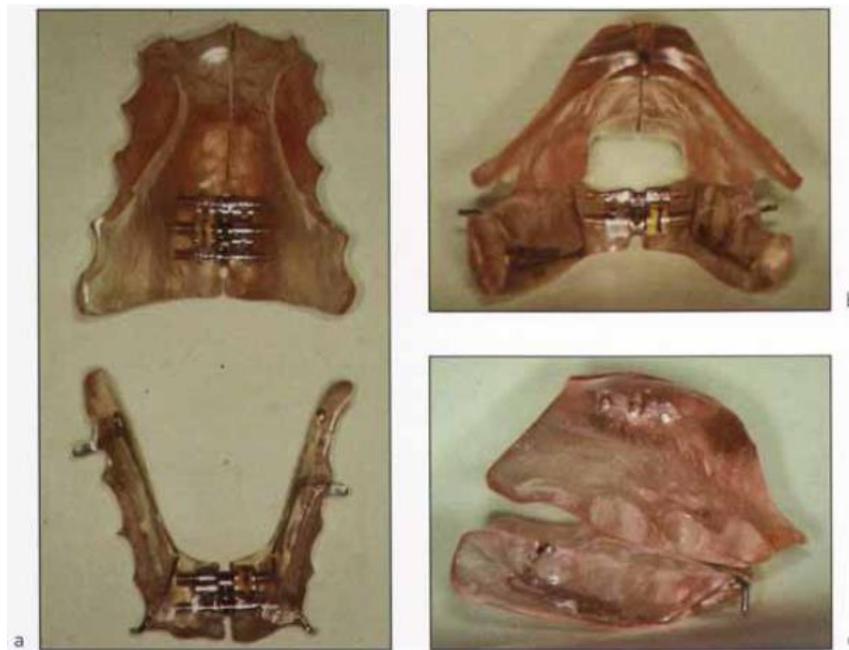
Elles sont constituées de deux plaques en résine, l'une supérieure l'autre inférieure, qui entrent en contact par l'intermédiaire des pistes, empêchant l'occlusion dentaire (Fig. 23).

Les pistes sont des surfaces planes en résine situées en lingual des secteurs dentaires latéraux. Elles sont construites avec une orientation oblique en haut et en avant, se rapprochant ou mieux dépassant l'inclinaison du plan de Camper pour corriger l'orientation pathologique qui est en haut et en arrière dans les classes II (Fig. 24).

L'appareil doit être porté 24 heures/24 sauf pendant les repas afin de retrouver lors de la mastication des aliments des stimuli physiologiques.

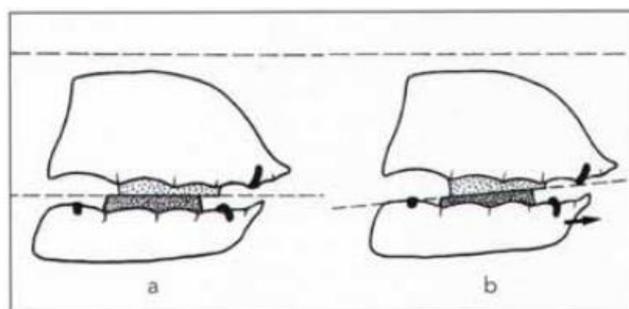
Les plaques doivent être les plus libres en bouche, car des ancrages fermes sur certaines dents empêcheraient des microdéplacements dentaires. Il n'y a donc aucun crochet, mais seulement des taquets occlusaux et appuis métalliques permettant de positionner l'appareil plus aisément, éviter qu'il ne s'enfonce dans la muqueuse, et lui apporter plus de stabilité.

Les deux plaques comportent un vérin transversal. Leur rôle n'est pas d'exercer une pression mais de s'adapter à un élargissement « fonctionnel » des arcades, en rattrapant ou en suivant (et non provoquant) cette croissance.



**Figure 23.** Appareil de Planas à pistes de rodage (Limme, 2006)(29)

*a. vue occlusale ; b. vue postérieure ; c. vue latérale*



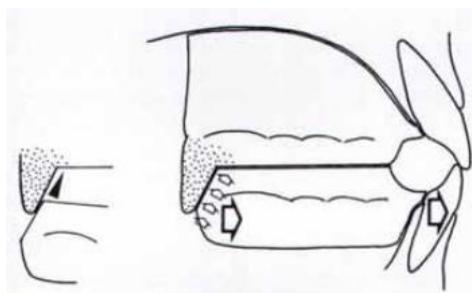
**Figure 24.** Inclinaison des pistes de rodage de Planas (Limme, 2006)(29)

*a. pistes de rodage parallèles au plan de Camper, pour les cas de classe I*

*b. pistes de rodage inclinées en haut et en avant, pour les cas de classe II*

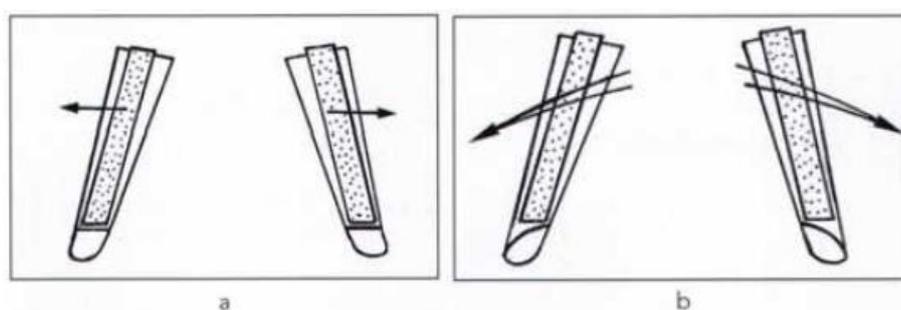
Les pistes peuvent être combinées à des auxiliaires de propulsion mandibulaire. Dans ce cas elles deviennent des propulseurs à butée :

- Combinaison avec des bielles, centrale unique ou doubles latérales. Cependant l'appareil devenant plus instable serait difficilement accepté par l'enfant et plus difficile à équilibrer en bouche
- Combinaison avec des « pistes postérieures » ou PPP pour « propulseur pistes postérieures » qui s'ajoute sur un appareil classique à pistes de rodage. Il s'agit d'un éperon vertical situé à la partie postérieure de chacune des deux pistes de rodage de la plaque supérieure, et présente un plan incliné antérieur qui guidera, lors de la fermeture buccale, le bord postérieur de la plaque inférieure en l'obligeant à la propulsion (Fig. 25).



**Figure 25.** *Appareil à pistes postérieures de propulsion mandibulaire (Limme, 2006)(29)*

Limme (29) préconise de courber transversalement les pistes postérieures en réalisant par meulage un galbe antéro-externe qui permet la rotation, sur ce contour arrondi, du bord postérieur de la plaque inférieure, facilitant ainsi les latéralités mandibulaires (Fig. 26).



**Figure 26.** *Variante des plaques à pistes postérieures (Limme, 2006)(29)*

*a. versant plat des pistes postérieures : limitation des latéralités mandibulaires*

*b. galbe des pistes postérieures de la plaque supérieure : facilitation des latéralités mandibulaires*

On peut ajouter à la classification de Lautrou :

### *Activeurs souples*

Selon Renaud (49), c'est grâce aux progrès dans le domaine de la plasturgie et l'apport technologique de nouveaux matériaux que Gugino et Yoshii ont pensé à utiliser les propriétés élastiques du polyvinyle silicone pour construire des appareils souples en élastomère injecté.

Ce matériau possède trois degrés de dureté compatibles et juxtaposables, c'est le concept d'élastopositionnement.

#### Elasto-Osamu (Fig. 27)

Il s'agit d'un appareil constitué d'une gouttière bimaxillaire dont la construction est réalisée à partir d'une maquette déterminée par le praticien. Les moulages doivent être montés sur articulateur.

L'appareil est conçu pour effectuer une avancée mandibulaire et peut permettre de légers déplacements dentaires. Au même titre que les activateurs rigides, il peut être associé à des auxiliaires de type FEO et/ou arc interne pour une meilleure coordination transversale.

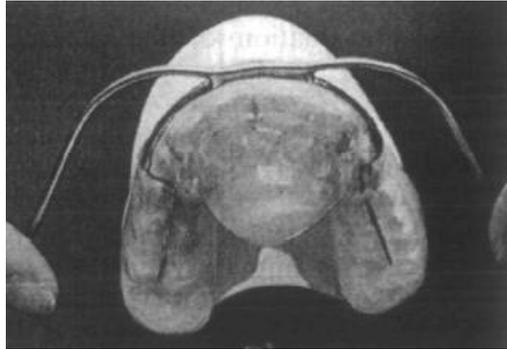
Les indications de l'Elasto-Osamu sont réservées à des décalages squelettiques de faible amplitude, associés à de légères malocclusions. Pour traiter des décalages plus importants, il faut utiliser plusieurs appareils successifs, tous programmés individuellement. Le concept de traitement reste identique à celui des activateurs monoblocs rigides (34).



***Figure 27. Elasto Osamu avec FEO***

#### Elastic Bite Block (Fig. 28)

Il s'agit d'un monobloc en matériau Bioplast souple qui doit être porté 16 heures/jour. Le matériau étant souple et absorbant facilement les liquides, cela lui fait perdre de la stabilité et il devient moins hygiénique. C'est pourquoi il doit impérativement être remplacé tous les trois mois. Il permettrait une correction de la classe II en environ 1 an (50).



***Figure 28. Elastic Bite Block avec FEO (Erverdi, 1995)(50)***

Activateur de Soulet-Besombes (Fig. 29)

Il s'agit d'une double gouttière en caoutchouc englobant les deux arcades à l'abri des antagonismes musculaires grâce à deux bandeaux, vestibulaire et lingual. L'activateur pour « rétromorphose » permet selon ses auteurs une correction de la rétromandibulie (51).

Selon Langlade (52), il n'aurait aucun effet squelettique mais uniquement dento-alvéolaire.



***Figure 29. Activateur de Soulet-Besombes***

I. 4. C. b. Appareils fixes à ancrage dentaire

Ces appareils ont été introduits par Herbst (53) pour corriger les classes II sans dépendre de la coopération du patient.

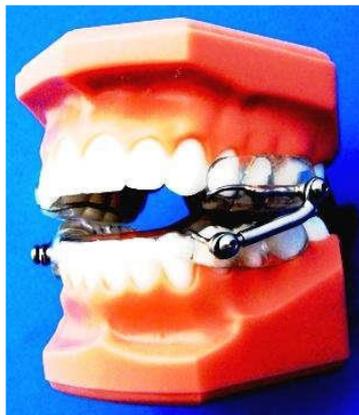
Les appareils fixes sont beaucoup utilisés dans les cas de patients non coopérants avec les appareils amovibles, ce qui leur a même valu le titre de « correcteurs de classe II sans compliance ». Ils sont tous basés sur le même concept, qui est de forcer la mandibule dans une position plus antérieure afin de stimuler la croissance squelettique (54).

En 2001, Ritto (55) établit une classification distinguant trois catégories d'appareils fixes fonctionnels : rigide, flexible et semi-rigide (ou hybride).

**1. Bielles de Herbst et ses modifications (Figs. 20 à 33)**



***Figure 30. Bielles de Herbst sur gouttières scellées (Prateek, 2017)(54)***



***Figure 31. Bielles de Herbst scellées sur gouttières acryliques avec perforations cuspidiennes et recouvrement incisif mandibulaire (Prateek, 2017)(54)***

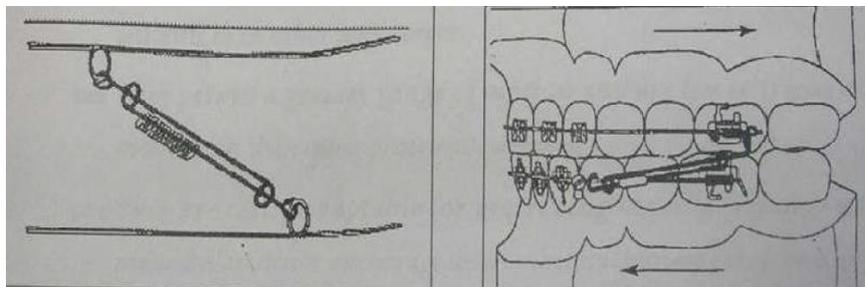


***Figure 32. Herbst sur couronnes (crown Herbst) intégré à un appareil multiattache (Prateek, 2017)(54)***



**Figure 33.** *Herbst sur bagues (banded Herbst)* (Tombllyn, 2016)(56)

**2. Mandibular Protraction Appliance (MPA) (Fig. 34)**

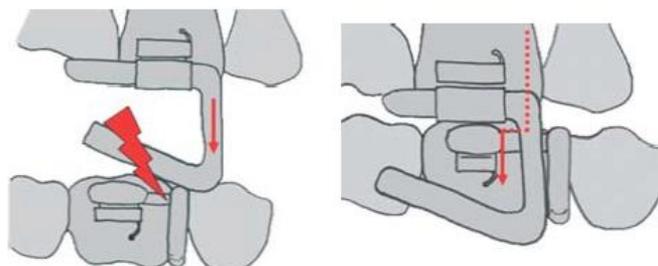


**Figure 34.** *Mandibular Protraction Appliance (MPA)* (Prateek, 2017)(54)

**3. Mandibular Anterior Repositioning Appliance (MARA) (Figs. 35 et 36)**



**Figure 35.** *Mandibular Anterior Repositioning Appliance (MARA)* (Jorgensen, 2016)



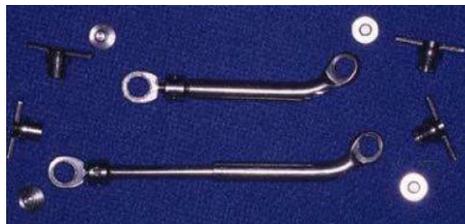
**Figure 36.** *Fonctionnement du MARA* (Gönnner, 2007)

4. Ritto Appliance (Fig. 37)



*Figure 37. Ritto Appliance (Prateek, 2017)(54)*

5. Intraoral snoring therapy appliance (ou IST-Appliance) (Fig. 38)



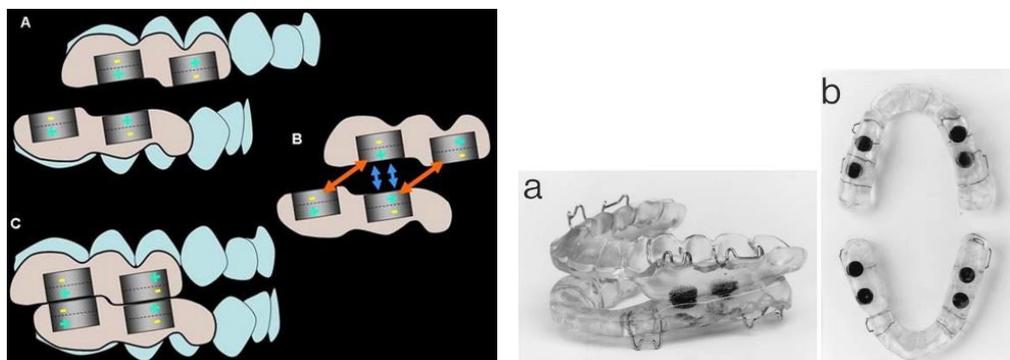
*Figure 38. IST-Appliance (Prateek, 2017)*

6. Biopedic Appliance (Fig. 39)



*Figure 39. Biopedic Appliance (Prateek, 2017)(54)*

7. Functional Orthopedic Magnetic Appliance (FOMA) (Fig. 40)



*Figure 40. Functional Orthopedic Magnetic Appliance (FOMA) (Bernhold, 1998)*

**8. Universal Bite Jumper (Fig. 41)**



*Figure 41. Universal Bite Jumper*

**9. Ventral Telescope (Fig. 42)**



*Figure 42. Ventral Telescope*

**10. Magnetic telescopic device (Fig. 43)**

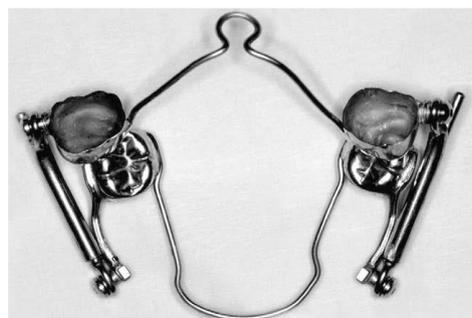


*Figure 43. Magnetic telescopic device*

**11. Cantilevered bite jumper (Figs. 44 et 45)**



*Figure 44. Cantilevered bite jumper*



*Figure 45. Crown Herbst modifié : le cantilever bite-jumper (Moro, 2009)(57)*

## 12. Fixed magnetic appliance

### 13. Rick-A-Nator Appliance (58) (Fig. 46)

Le Rick-A-Nator est indiqué dans les cas de classe II avec recouvrement normal ou supraclusion. L'appareil constitué de deux bagues sur les premières molaires maxillaires connectées à un plan de morsure antérieur par des fils métalliques. Il permettrait de corriger des désordres verticaux et antéropostérieurs. Ses avantages seraient de ne pas dépendre de la coopération du patient, son confort et le fait qu'il ne soit pas visible. Le plan de morsure antérieur est converti en appareil de repositionnement mandibulaire par addition d'une rampe incisive acrylique. Le plan incliné antérieur guiderait la mandibule en position antérieure quand le patient serre les dents (59).



**Figure 46.** *Rick-A-Nator* (Hammad, 2016)(59)

### *Appareils fixes flexibles (Flexible Fixed Functional Appliances ou FFFA)*

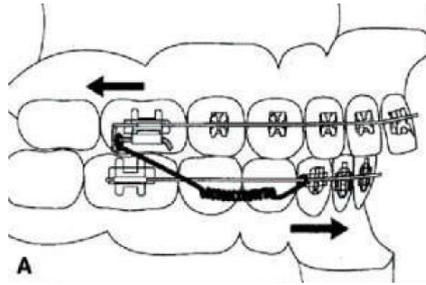
#### 1. Jasper Jumper (Fig. 47)



**Figure 47.** *Jasper Jumper* (Prateek, 2017)(54)

#### 2. Adjustable Bite Corrector

#### 3. Churro Jumper (Fig. 48)



**Figure 48. Churro Jumper** (Prateek, 2017)(54)

**4. Amoric Torsion Coils (Fig. 49)**



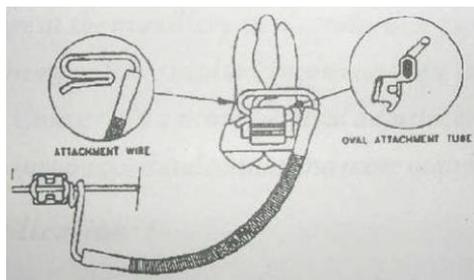
**Figure 49. Amoric Torsion Coils**

**5. Scandee Tubular Jumper (Fig. 50)**



**Figure 50. Scandee Tubular Jumper**

**6. Klapper Super Spring (Fig. 51)**



**Figure 51. Klapper Super Spring** (Prateek, 2017)

**7. Bite Fixer (Fig. 52)**



**Figure 52. Bite Fixer**

**1. Eureka Spring (Fig. 53)**



***Figure 53. Eureka Spring (Prateek, 2017)(54)***

**2. FORSUS-Fatigue Resistant Device (Fig. 54)**



***Figure 54. Forsus fatigue resistant device (Prateek, 2017)(54)***

**3. Twin Force Bite Corrector (Fig. 55)**



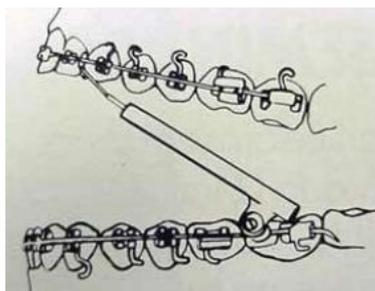
***Figure 55. Twin Force Bite Corrector (Chhibber, 2013)(60)***

**4. Alpern Class II Closers (Fig. 56)**



***Figure 56. Alpern Class II Closers***

**5. Calibrated Force Module (Fig. 57)**



***Figure 57. Calibrated Force Module***

**6. Power Scope (Fig. 58)**



***Figure 58. Power Scope (Prateek, 2017)(54)***

**Advansync (Fig. 59)**

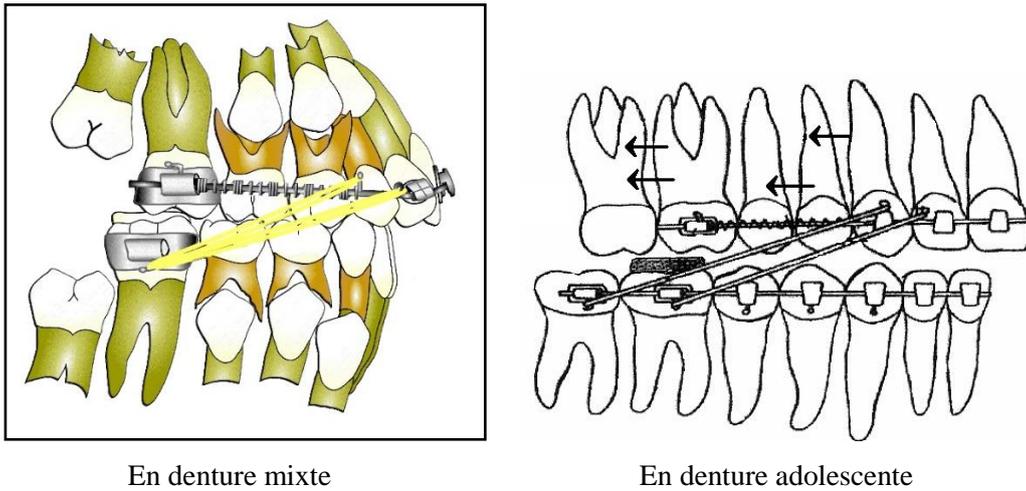


***Figure 59. Advansync***

*Appareils à ancrage dentaire fixe associé à des tractions élastiques*

Distal Active Concept (DAC)

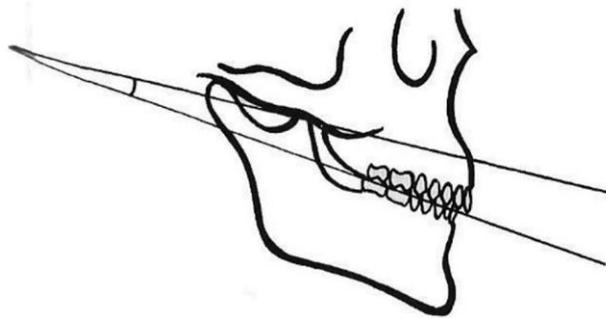
Selon Akin et Chauty la thérapeutique DAC est une technique de distalisation des molaires maxillaires qui aurait un effet orthopédique sur la mandibule et pourrait représenter une alternative aux activateurs (61). Il s'agit d'une thérapeutique multiattache en arc droit qui peut être mise en place en denture mixte (avec un arc lingual à la mandibule) ou en denture adolescente. Les prémolaires maxillaires ne sont pas appareillées jusqu'à correction de la classe II molaire et canine. Des ressorts en compression sont mis en place au maxillaire associés à des tractions élastiques inter-arcades de classe II (Fig. 60).



***Figure 60. Distal Active Concept (DAC)***

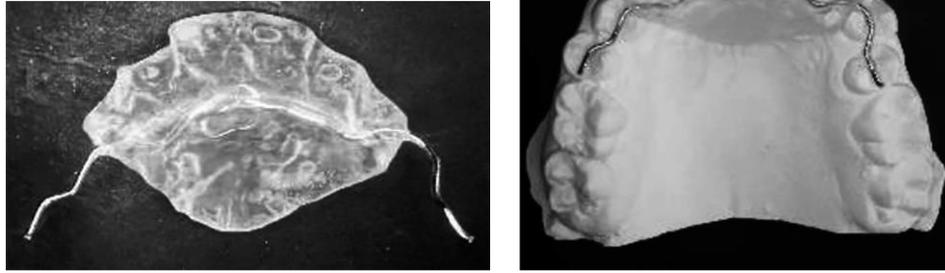
Surélévation antérieure fixée (SEAF)

Selon Raymond (62), dans les classes II division 1 sévères l'exploration des mouvements de latéralité mandibulaire montre une cinématique presque exclusivement frontale, sans composante propulsive. Cette cinématique serait essentiellement due à une orientation anormale du plan d'occlusion, divergent en avant avec le plan de Camper (Fig. 61).

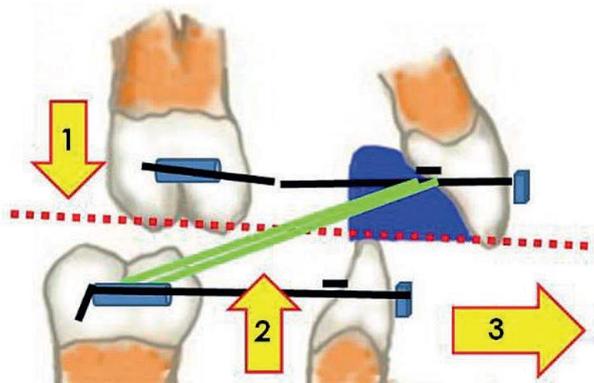


***Figure 61. Représentation schématique de l'orientation du plan occlusal, divergent avec le plan de Camper dans les classes II (Raymond, 2018)(62)***

Il propose un traitement dans lequel la correction de la supraclusion et du surplomb se feraient simultanément grâce à l'utilisation d'un auxiliaire qu'il appelle la SEAF (surélévation antérieure fixée) (Fig. 62), en conjonction avec l'utilisation d'élastiques de classe II.



**Figure 62.** Surélévation antérieure fixée (SEAF) (Raymond, 2018)(62)



**Figure 63.** Mécanisme d'action de la SEAF (Raymond, 2018)(62)

*Dispositif complet en place : en bleu, la SEAF ; en noir, les arcs 0.016 australien ;  
en vert, les élastiques de classe II de forces légères.*

*Les flèches jaunes indiquent les effets produits par le dispositif :*

*1) Egression molaires maxillaires, 2) Nivellement mandibulaire, 3) Avancée mandibulaire.*

*Ces effets conjoints aboutiraient à la réorientation du plan occlusal.*

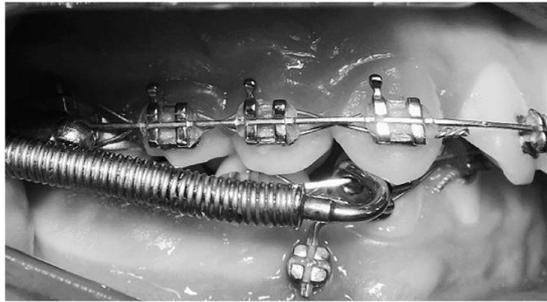
A l'arcade maxillaire, le tip back molaire va provoquer une égression molaire due au rapport de forces favorable à ces dernières (résistance du parodonte versus inocclusion initiale de 16 et 26 liée à la présence de la SEAF) (Fig. 63).

L'arc australien à l'arcade mandibulaire lui donne une forme « carrée » (Planas) pour permettre l'acquisition d'un guide antérieur fonctionnel. Une forme trop « pointue » créerait des interférences avec les incisives maxillaires lors des entrées de cycle masticatoire, et provoquerait un réflexe de rétrusion mandibulaire, et donc une instabilité de la correction. L'auteur distingue les frottements entre les incisives mandibulaires et maxillaires (qu'il recherche), des interférences (qu'il veut éviter) (62).

#### I. 4. D. Appareils à ancrage mixte, dentaire et squelettique

##### Forsus associé à des minivis mandibulaires

En 2014, Aslan (63) s'est intéressé à l'utilisation de Forsus associé à des minivis placées entre la canine et la première prémolaire mandibulaire. Il a établi un ancrage indirect en reliant la minivis à une gorge verticale située dans le bracket de la canine avec un arc acier 0.018x0.025 (Figs. 64 et 65).



***Figure 64. Forsus associé à des minivis (Aslan, 2014)(63)***



***Figure 65. Minivis insérée entre la canine et la première prémolaire (Aslan, 2014)(63)***

##### Bielles de Herbst associées à des minivis mandibulaires

En 2014, Manni (64) s'est intéressé à un traitement par bielles de Herbst sur gouttières acryliques associées à des minivis mandibulaires (Fig. 66).

Des minivis en titane de 11 mm étaient placées entre les deuxièmes prémolaires et les premières molaires mandibulaires dans la gencive attachée, et étaient ligaturées avec des chaînettes élastomériques de force 100g à des boutons métalliques collés sur les faces vestibulaires des canines. Les chaînettes étaient remplacées tous les 30 à 60 jours.



**Figure 66.** *Gouttières de Herbst en acrylique associées à des minivis mandibulaires (Manni, 2014) (64)*

En 2015 Bremen (65) a étudié le même type de traitement avec des bielles de Herbst fixées sur appareillage multiattache maxillaire et mandibulaire (Fig. 67).



**Figure 67.** *Bielles de Herbst sur multiattache avec minivis mandibulaires (Bremen, 2015)(65)*

*Arcs acier 0.019x0.025 repliés en cinch back en distal*

*(a) power chain (2N) du crochet de la première molaire à l'essieu de la bielle de Herbst*

*(b) chaînette active (4N) entre l'essieu de la bielle de Herbst et la minivis insérée entre la deuxième prémolaire et la première molaire*

Forsus associé à des miniplaques symphysaires (Fig. 68)

Unal (2015) (66) et Celikoglu (2014 et 2016) (67)(68) se sont intéressés à l'utilisation d'un forsus attaché d'une part à des miniplaques fixées dans la symphyse mandibulaire et d'autre part aux premières molaires maxillaires.

La première phase de traitement consiste en l'alignement et le nivellement de l'arcade maxillaire par traitement multiattache avec des brackets 0.022 jusqu'à la mise en place d'arcs acier 0.019x0.025 recourbés en cinch back en distal de l'arcade. Puis les miniplaques symphysaires sont mises en place sous anesthésie locale. Trois à quatre semaines après la chirurgie, les forsus sont réglés et mis en

place, sans nivellement de l'arcade mandibulaire. Les patients étaient suivis toutes les quatre semaines et si nécessaire l'appareil était activé en clipant des stops sur les tiges. Le forsus était déposé lorsqu'on avait atteint une classe I canine et molaire et une correction du surplomb. Puis les miniplaques ont été déposées par le même chirurgien sous anesthésie locale et l'appareil multiattache mandibulaire posé.



**Figure 68.** *Ajustement des miniplaques dans la symphyse et application du forsus à ancrage squelettique (Celikoglu, 2014)(67)*

#### I. 4. E. Appareil à ancrage purement squelettique

##### Tractions élastiques sur miniplaques d'ancrage squelettique

Dans son étude pilote de 2017, Ozbilek (69) s'intéresse à un traitement par tractions élastiques sur miniplaques d'ancrage squelettique pour corriger les classes II squelettiques.

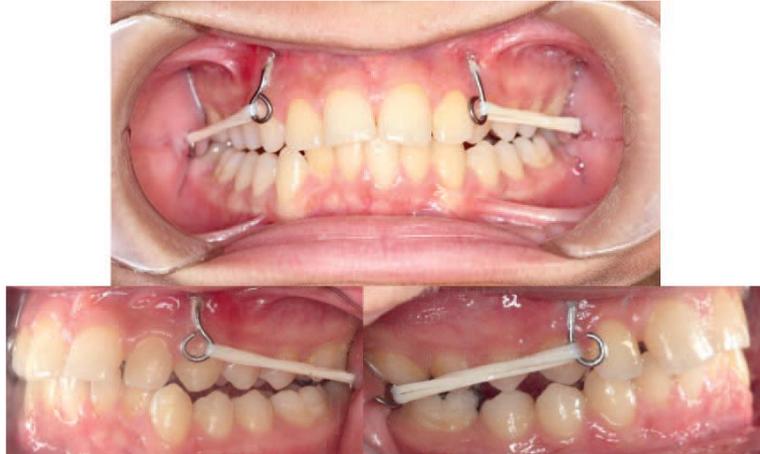
Deux miniplaques ont été placées bilatéralement au niveau du ramus mandibulaire et deux autres au niveau de l'orifice piriforme du maxillaire, sous anesthésie locale (Fig. 69).

Des élastiques de classe II de 500g étaient utilisés et changés chaque jour par les patients (Fig. 70).

Le traitement était terminé lorsqu'on obtenait une classe I molaire et canine et un surplomb corrigé.



**Figure 69.** *Miniplaques insérées au niveau du maxillaire et de la mandibule (Ozbilek, 2017)(69)*



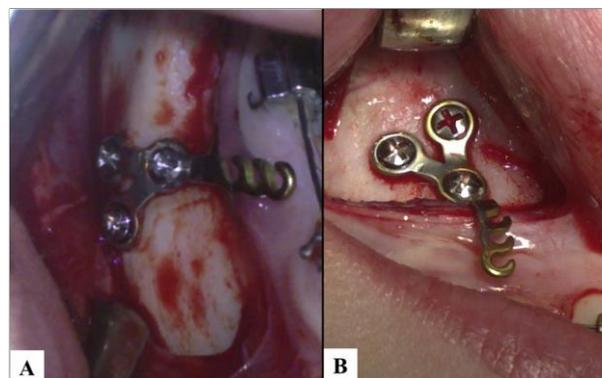
***Figure 70. Vues endobuccales des élastiques de classe II sur miniplaques d'ancrage squelettique (Ozbilek, 2017)(69)***

En 2018, Al-Dumaini (70) réalise une étude sur le même sujet avec un groupe de 28 patients traités avec tractions élastiques sur miniplaques.

Contrairement à Ozbilek, dès le début il appareille les deux arcades en multiattache jusqu'à pouvoir mettre des arcs acier 0.017x0.025, puis il fixe quatre miniplaques : deux dans le secteur antérieur maxillaire et deux dans les secteurs postérieurs mandibulaires (Fig. 71). Vingt jours après la fixation des miniplaques, elles ont été mises en charge.

Les patients devaient porter des élastiques tout le temps sauf lors des repas et devaient les changer toutes les 12 heures.

La force appliquée était augmentée progressivement selon le protocole de protraction maxillaire de De Clerk. Une force de 250 g par côté pendant les 3 premières semaines, puis 350 g par côté pendant 3 autres semaines, puis finalement 450 g par côté pour tout le reste de la phase fonctionnelle. Les patients continuaient à porter des élastiques la nuit jusqu'à que le traitement soit complètement terminé (Fig. 72).



***Figure 71. Miniplaques d'ancrage squelettique (Al-Dumaini 2018)(70)***

*A : miniplaque dans la zone postérieure mandibulaire ;*

*B : miniplaque dans la zone antérieure maxillaire*



**Figure 72.** *Tractions élastiques sur miniplaques d'ancrage osseux (Al-Dumaini 2018)(70)*

*A : miniplaques après cicatrisation ; B : mise en place des élastiques ;*

*C : finitions en classe I molaire et canine*

## I. 5. Mécanismes d'action des différents appareils

### I. 5. A. Propulsion forcée

Les différents appareils n'ont pas tous le même mode de propulsion mandibulaire (71) :

Certains recherchent une « propulsion mécanique » en exerçant une force poussant ou tractant directement la mandibule en avant, par différents mécanismes plus ou moins progressifs, en s'appuyant sur le maxillaire et en prenant appui directement sur les arcades dentaires. Ce sont les tooth borne appliances. D'autres utilisent le même principe avec des ancrages squelettiques. Dans les deux cas l'avancée mandibulaire est forcée et provoque les mêmes réactions musculaires.

D'autres recherchent une « propulsion réflexe » en sollicitant un réflexe musculaire pour propulser la mandibule : l'appareil entrant en contact avec la muqueuse provoquerait une propulsion mandibulaire d'évitement « réflexe ». Ce sont les tissue borne appliances.

#### I. 5. A. a. Propulsion forcée mécanique

Selon Château (45), c'est Robin qui a découvert l'hyperpropulsion au XXe siècle. Il a eu l'idée de régler un « monobloc » en bout à bout incisif afin de dégager le carrefour aéropharyngé, créant ainsi l'ancêtre des activateurs.

Le cartilage condylien possède à la fois un rôle de croissance et une fonction articulaire (23).

Les appareils amovibles à visée orthopédique de classe II cherchent à agir sur la croissance adaptative du cartilage condylien ainsi que sur le remodelage des branches mandibulaires en induisant « une

position mandibulaire inhabituelle, différente de la position de repos ou de la position d'intercuspidation maximale » (48).

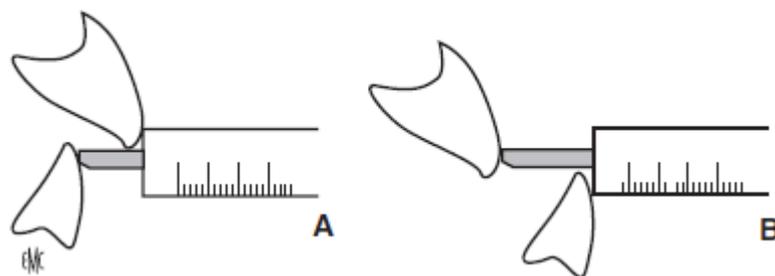
Ce mouvement de propulsion induit une tension des muscles répropulseurs. Un appareil construit en propulsion au-delà de 2-3 mm de la position de repos musculaire active le réflexe myotatique. Lorsque le patient mord sur l'appareil, une contraction réflexe de ces muscles se produit entraînant une force inverse de recul, transmise par l'intermédiaire de l'activateur au maxillaire, qui serait alors freiné dans sa croissance sagittale. Simultanément la modification de la posture mandibulaire en hyperpropulsion perturbe la position des muscles et leur tonus ce qui stimulerait le taux de croissance du cartilage condylien et entrainerait un allongement de la mandibule (48).

Suite à un étirement forcé, les muscles sont sollicités en longueur et en direction et vont répondre à ces sollicitations. Il existe deux réponses musculaires :

- La réponse immédiate est une modification de la tension musculaire due à l'étirement résultant de deux activités : la tension active réflexe et la tension passive ou viscoélasticité,
- La réponse retardée est une adaptation structurale musculaire, microscopique dans la fibre musculaire elle-même et macroscopique pour la longueur des muscles et de leurs insertions (48).

Selon Château (45), la propulsion doit être personnalisée car tous les sujets n'ont pas la même laxité ligamentaire, ni des structures musculaires (masse, implantation, innervation, longueur) qui autorisent la même avancée mandibulaire volontaire. Les amplitudes de propulsion sont variables entre les individus, elles vont de 4 à 10, voire 12 mm : c'est le jeu condylien de Château.

Selon lui, la propulsion doit être d'une valeur égale à peu près aux deux tiers du jeu condylien du patient (4 mm si le jeu est de 6 mm, 8 s'il est de 12, etc.). Cette amplitude peut être mesurée par le « test condylien » décrit par Château en 1949 (Fig. 73).



**Figure 73. Test condylien de Château (Kolf, 2008)(11)**

*A : mesure du surplomb en relation centrée ; B : mesure en propulsion maximale volontaire*

Certains appareils laissent une liberté de mouvement à la mandibule en la guidant, contrairement au monobloc par exemple, qui ne donne qu'une seule position de morsure (34).

De nombreux appareils fonctionnent par propulsion forcée passive : les activateurs monoblocs (rigides et souples), les propulseurs à butée, tous les appareils fixes à ancrage dentaire, tous les appareils à ancrage squelettique.

#### I. 5. A. b. Propulsion forcée réflexe

Dans cette catégorie entrent tous les appareils à appui muqueux. Leur philosophie est de rechercher un avancement mandibulaire qui se veut plus « actif » en sollicitant l'activité musculaire. Il s'agit notamment des appareils FR-2 de Fränkel, appareil de Bimler, bionator de Balters, appareil de Bass. Certains monoblocs rigides possèdent également des ailettes linguales qui s'appuient sur la muqueuse quand le patient ouvre légèrement la bouche afin d'activer le « réflexe de propulsion mandibulaire » (72).

Selon Balters (73), la position habituelle postérieure de la langue joue un rôle primordial dans l'étiologie des classes II. Le bionator doit guider la langue vers une position plus antérieure d'une part du fait du repositionnement en avant de la mandibule d'une part, et d'autre part du fait de la stimulation de l'anse palatine.

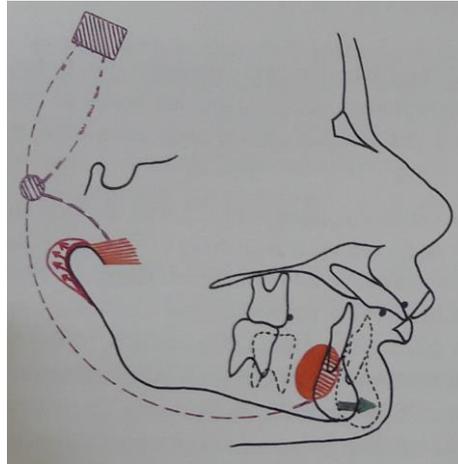
De par son armature flexible, l'appareil de Bimler permet les mouvements mandibulaires, notamment les latéralités. Cela permettrait de maintenir le système stomatognathique en fonction pendant le port de l'appareil et permettrait de stimuler « physiologiquement » les mâchoires dans les trois directions de l'espace (38).

Le régulateur de fonction de Frankel est un appareil qui se conforme au principe « d'équilibre des forces physiologiques de Hotz ». Pour l'auteur, la correction des classes II passe par l'élimination des défauts de posture et de la musculature de soutien (34)(74).

L'appareil n'aurait pas pour objectif de déplacer les dents. Selon Frankel (75) l'appareil ne s'adresse pas au tissu squelettique directement par une action mécanique, mais cherche à agir sur le milieu « épigénétique » et serait efficace durant le stade de développement où les facteurs fonctionnels jouent un rôle actif morphogénétique (traitement précoce en denture mixte). Les écrans provoqueraient une tension des tissus mous qui se transmettrait au périoste, provoquant une néo-apposition osseuse au niveau alvéolaire.

Fränkel utilise un arceau métallique lingual ou un écran lingual à appui muqueux rétro-incisif pour induire la propulsion mandibulaire (32).

Dans la correction de la rétrusion mandibulaire, le positionnement antérieur (avancée de 2-3 mm) provoquerait une stimulation « sensorielle » qui active les propriocepteurs de la gencive et du périoste sous-jacent, puis par un mécanisme de feed-back stimule les muscles propulseurs qui éliminent ce signal nociceptif. Cette « gymnastique » induirait des changements dans l'attitude posturale des muscles suspenseurs de la mandibule (39)(75) (Fig. 74).



***Figure 74. Mécanisme d'action de l'écran lingual provoquant une stimulation « sensorielle »***  
(Patti, 2011)(39)

#### I. 5. A. c. Limites de la propulsion forcée

Les activateurs à propulsion mécanique contraignent la mandibule à avancer lors du mouvement de fermeture (34).

La réaction viscoélastique des muscles rétropulseurs induit un effet dont la ligne d'action passe largement en dessous des centres de résistance du maxillaire et de la denture, induisant une rotation horaire parasite des constituants squelettiques et dentoalvéolaires, à savoir une rotation horaire du plan palatin, du plan d'occlusion, une rotation postérieure de la mandibule (76)(77).

Il existe en raison de l'effet tiroir une action orthodontique de distalisation de l'arcade maxillaire dans son ensemble avec palatoversion des incisives maxillaires et rotation des plans palatin et occlusal ainsi qu'une mésialisation dans son ensemble de l'arcade mandibulaire avec vestibuloversion des incisives mandibulaires. D'après la revue de littérature d'Arbouin, « la vestibulo-version des incisives mandibulaires semble impossible à éviter » (48).

Selon Frankel et Frankel l'activateur monobloc ne permettrait pas de corriger le déséquilibre musculaire qui est à l'origine de la rétromandibulie. Il imposerait au patient une propulsion trop importante d'emblée, qui « ne peut entraîner que l'épuisement des muscles propulseurs ». Les

mécanismes de régulation du système nerveux central seraient surmenés et les résultats obtenus par ces activateurs seraient que morphologiques mais pas fonctionnels, ne réalisant qu'une simple disjonction articulaire stimulant la croissance condylienne (78).

Les études sur les effets à long terme de l'activateur monobloc (étude après 4 ans, De Vincenzo, 1991) (79), des bielles de Herbst (études après 2,5 à 6,4 ans, Pancherz, 1990, 1993) (80)(81) (étude après 3 à 5 ans, Wieslander, 1993) (82) montrent que les modifications obtenues à court terme sur la mandibule disparaissent. Elles ne retrouvent quasiment pas de différence entre les patients traités et témoins au niveau de la croissance mandibulaire.

Seules les études sur le régulateur de Fränkel montreraient des résultats à long terme (étude à 10 ans, Perillo, 2011)(83) (étude après 3 ans, Freeman, 2009) (84) mais les traitements par régulateur de fonctions, qui durent de 4 à 7 ans sont difficilement applicables en pratique clinique.

Pour Johnston (85) et Simon (86) il ne s'agit pas de récurrence, les activateurs ne permettent pas d'augmenter la croissance mandibulaire mais seulement d'éviter l'avancée de l'arcade maxillaire. Leur action serait seulement dento-alvéolaire.

### I. 5. B. Propulsion volontaire

La thérapeutique fonctionnelle trouve son origine en orthopédie générale dans les idées de Roux, qui avancent l'hypothèse d'une relation étroite entre la forme et la fonction des organes et du squelette. Selon Roux, les troubles du développement squelettique trouvent leur origine dans des défauts posturaux et des dysfonctions des appareils de soutien. L'orthopédie fonctionnelle a pour objectif de corriger les déviations fonctionnelles. En orthopédie générale, une fois définies les causes et traitements des dysmorphoses squelettiques, quelles que soient les procédures mécaniques ou chirurgicales appliquées, l'éducation, l'entraînement et les exercices musculaires font partie intégrante de l'orthopédie (32)(87).

Le mouvement de propulsion mandibulaire est réalisé grâce à l'action des muscles ptérygoïdiens latéraux, par leurs chefs inférieurs, des faisceaux superficiels des masséters, des muscles temporaux antérieurs et enfin des muscles ptérygoïdiens médians (48).

Certains appareils proposent une approche fonctionnelle centrée sur la fonction masticatoire, les latéralités mandibulaires et le plan d'occlusion. Ce sont la bielle de Martine-Tavernier sur plaques à pistes de Planas, les bielles sur plaques à pistes de Planas, la SEAF. Cependant elles comportent toujours une part de « propulsion forcée », de par la présence de bielles actives ou d'élastiques.

Seules les plaques à pistes de Planas utilisées seules, sans auxiliaire de propulsion, auraient un mécanisme d'action totalement volontaire.

Mécanisme d'action des pistes de rodage des plaques à pistes :

L'occlusion est « déverouillée » et les rapports inter-arcades se font sur des surfaces planes, ce qui génèrerait des modifications extéroceptives et proprioceptives qui vont conditionner de nouveaux comportements moteurs de la sphère buccale. Il faut idéalement qu'il persiste un frottement discret entre les dents antagonistes lors des latéralités pour entretenir une stimulation parodontale (29).

Simoes et Petrovic (88) ont tenté d'expliquer le mode opératoire des appareils de Planas dans le traitement de classe II. L'appareil ne délivrerait aucune force mais sa présence permettrait de stimuler les mouvements de propulsion alternatifs et continus qui amplifieraient les réponses de croissance.

Le concept reste le même qu'avec les pistes directes en composite : provoquer une propulsion mandibulaire par la réduction de la dimension verticale minimale en antérieur et en horizontalisant le plan occlusal fonctionnel (29).

## I. 6. Moyens de contrôle de la version incisive mandibulaire

Un traitement orthodontique ne peut s'effectuer qu'en respectant les limites naturelles de la denture, à savoir la morphologie des bases osseuses de support, notamment la mandibule.

La mandibule ne présente plus de croissance suturale au niveau de la symphyse à partir de la première année après la naissance. Il n'y a aucune possibilité d'expansion basale mandibulaire sans geste chirurgical. C'est pourquoi l'arcade mandibulaire sert de patron pour l'arcade maxillaire, et sa limite antérieure est représentée par la position de l'incisive mandibulaire dans la symphyse. Selon Tweed, Ricketts et Steiner, respecter cette limite serait un objectif fondamental, garant de la stabilité et de la qualité du résultat esthétique (89).

La plupart des appareils exercent une force sur la mandibule dont la composante mésialante est utilisée pour la correction de la classe II. Cependant, les répercussions mandibulaires antérieures vestibulaires de cette force doivent être freinées afin de maintenir les incisives mandibulaires dans leur base osseuse.

A ces fins, différents moyens de contrôle ont été proposés. Certains permettent un contrôle direct par une action mécanique sur les incisives elles-mêmes, et d'autres un contrôle indirect, notamment par des moyens d'ancrage.

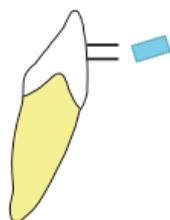
## I. 6. A. Contrôle direct

### Torque corono-lingual

Dans les traitements où l'arcade mandibulaire est appareillée en multiattache, l'effet de vestibuloversion incisive peut être inhibée par l'incorporation de torque corono-lingual dans l'arc (courbure de 3<sup>e</sup> ordre) (Fig. 75) ou dans des brackets pré-informés (55). Il faut que les dimensions des arcs utilisés soient suffisantes pour que l'information de torque soit exprimée.

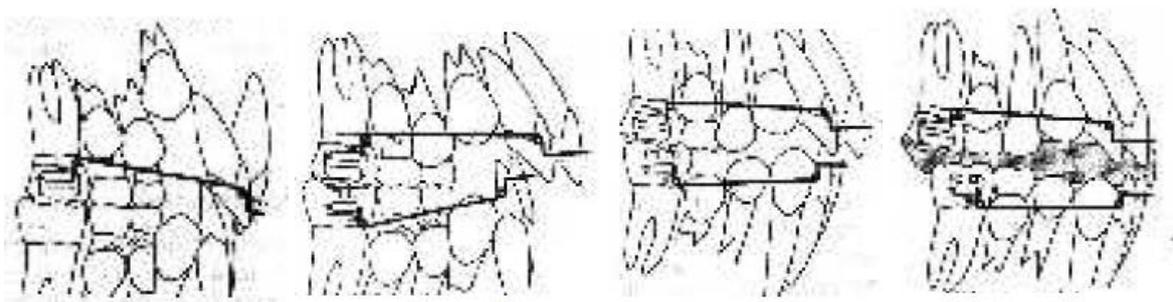
Bien que cette technique contrôle efficacement l'angulation vestibulo-linguale des incisives, elle ne bloque pas leur déplacement. Le risque est de positionner les racines trop près voire en dehors des corticales. Un mouvement de racine se produit seulement si la longueur d'arcade est maintenue.

Le torque ne suffit donc pas pour contrôler la position des incisives mandibulaires (89).



***Figure 75. Torque actif corono-lingual***

Cannoni et Salvadori (90) proposent d'utiliser des arcs de base de Ricketts en TMA pour déverrouiller l'occlusion et qui peuvent être associés à un activateur de classe II. Les arcs de base permettraient de contrôler le torque incisif (Fig. 76).



***Figure 76. Arcs de base associés à un activateur (Cannoni, 1999)(90)***

En 2010, Wiechmann (91) a publié une étude pilote sur l'utilisation d'un multiattache lingual en combinaison avec des bielles de Herbst pour contrôler la version des incisives mandibulaires (Fig. 77).



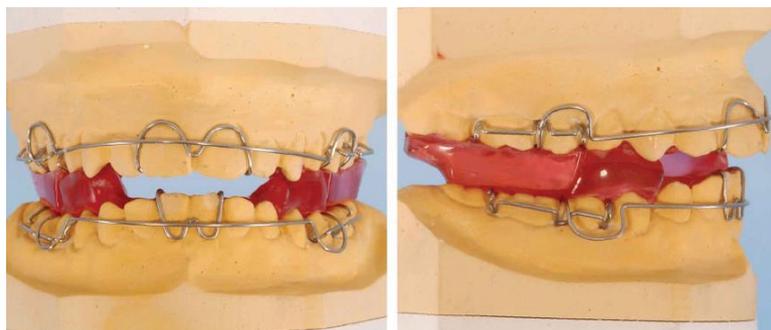
**Figure 77.** Association de bielles de Herbst et d'un appareil multiattache lingual fixe (Vu, 2012)  
(92)

Résine et auxiliaires de torque sur la face vestibulaire des incisives mandibulaires (Figs. 78 à 81)

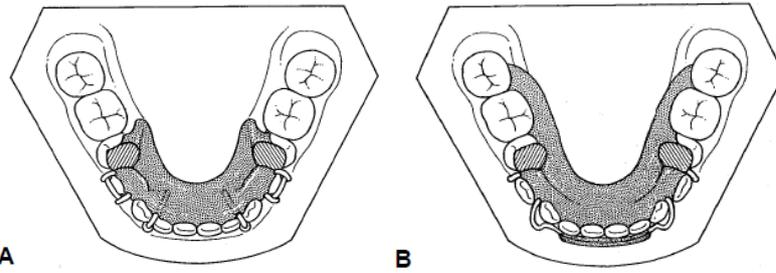
Un bandeau de résine ou des auxiliaires de contrôle de torque par des fils métalliques sur les faces vestibulaires des incisives ont été proposés afin d'éviter leur vestibuloversion. Leur objectif est de s'opposer directement et mécaniquement à l'avancée des couronnes dentaires.

Cependant, certaines études ont conclu qu'un retour de résine sur la face vestibulaire des incisives mandibulaires ne suffisait pas pour éviter leur vestibulo-version (34)(93)(94).

L'étude de van der Plas en 2017 concernant l'ajout d'un retour de résine acrylique sur les faces vestibulaires des incisives mandibulaires dans les traitements par Twin-Block pour maintenir leur version n'a pas eu d'effet significatif (95).



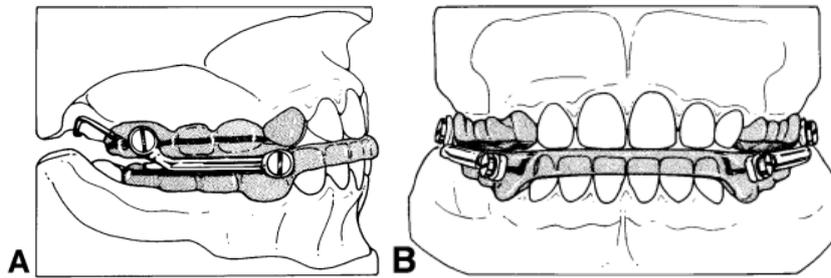
**Figure 78.** Twin-Block avec dispositifs de contrôle de torque par Southend clasp (Trenouth, 2012)



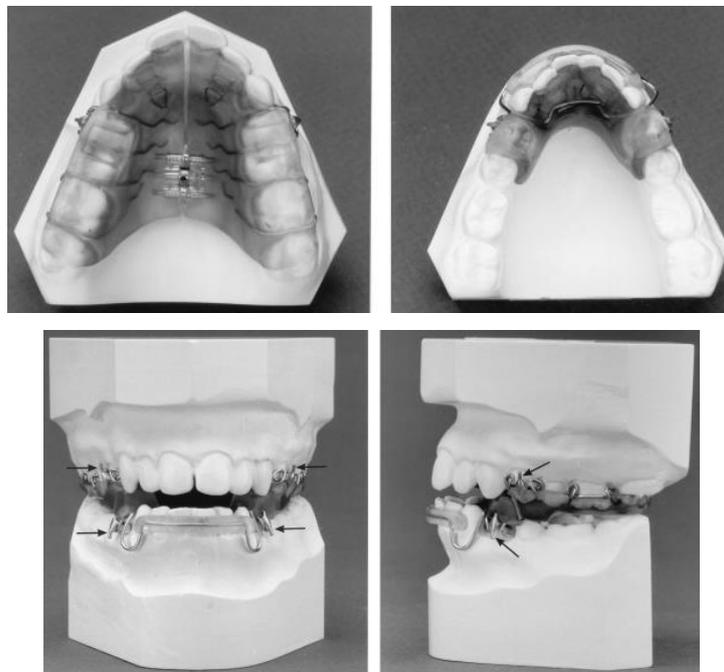
**Figure 79.** *Vue occlusale mandibulaire du Twin-block (Toth, 1999)(96)*

A. *Design original de Clark*

B. *Design modifié avec arc vestibulaire acrylique couvrant les faces vestibulaires des incisives mandibulaires*



**Figure 80.** *Appareil de Herbst sur gouttières acryliques avec recouvrement incisif mandibulaire (Franchi, 1999)(93)*



**Figure 81.** *Twin-Block avec arc acrylique en vestibulaire des incisives mandibulaires (Mills, 1998) (97)*

*Les crochets permettent le port d'élastiques verticaux portés la nuit, dans le but d'encourager le patient à fermer la bouche en propulsion pendant son sommeil.*

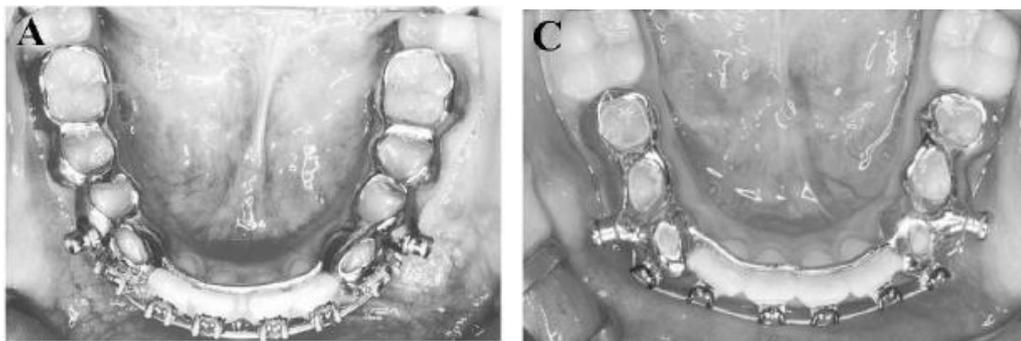
## I. 6. B. Contrôle indirect

### Augmentation de l'ancrage dentaire

L'utilisation de bielles sur gouttières permettraient de répartir les forces sur la totalité de la zone dentoalvéolaire et ainsi d'améliorer l'ancrage (98).

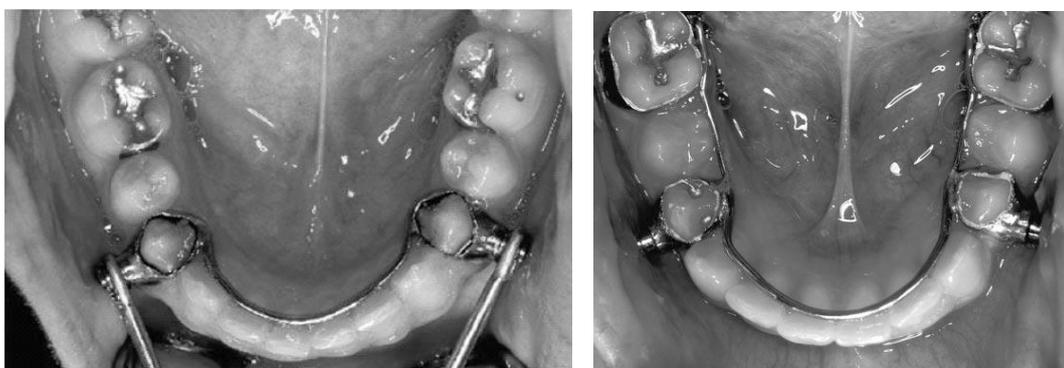
Certains auteurs (99)(100) se sont intéressés à l'utilisation de bielles de Herbst sur attelles coulées totales (total mandibular cast splint ou TMS), qui s'étendent jusqu'aux premières molaires, en comparaison avec les bielles sur attelles coulées réduites (reduced mandibular cast splint ou RMS) s'étendent jusqu'aux deuxièmes prémolaires (Fig. 82).

Weschler et Pancherz dans leur étude de 2005 comparant des traitements par bielles de Herbst avec différents ancrages (sur deux bagues, quatre bagues, et sur attelle coulée mandibulaire totale), ont trouvé qu'aucune des trois méthodes ne permettait d'éviter une perte d'ancrage et une version incisive (101) (Fig. 83).



**Figure 82. Bielles de Herbst sur attelles coulées (El-Fateh 2011)(99)**

*A. Attelle coulée totale ; C. Attelle coulée réduite*



**Figure 83. Bielles de Herbst sur bagues (Weschler, 2005)(101)**

*A gauche, sur deux bagues prémolaires ; à droite, sur quatre bagues prémolaires et molaires*

### Utilisation d'ancrages squelettiques

Afin de limiter la mésialisation de l'arcade mandibulaire, Aslan (50), Manni (64) et Bremen (65) ont cherché à renforcer l'ancrage osseux mandibulaire par la mise en place de minivis mandibulaires tout en conservant un appareil à appui dentaire (Forsus pour Aslan, bielles de Herbst pour Manni et Bremen).

Unal (51), et Celikoglu (52)(53) ont étudié un ancrage mixte, squelettique à la mandibule et dentaire au maxillaire (miniplaques symphysaires et Forsus) pour éviter de s'appuyer sur les dents mandibulaires et ainsi éviter leur mésialisation.

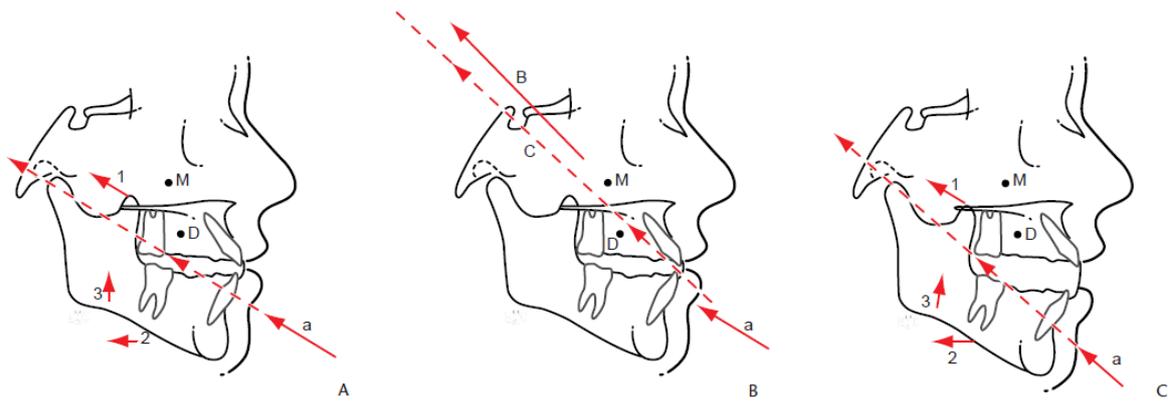
Ozbilek (69) et Al-Dumaini (70) se sont intéressés à un ancrage purement squelettique (miniplaques bimaxillaires et tractions élastiques de classe II) afin de s'affranchir des effets parasites dento-alvéolaires.

### Utilisation d'une FEO

L'utilisation d'une FEO associée aux activateurs permettrait de limiter les effets parasites (76)(77), et permettrait notamment un contrôle vertical et une limitation de la rotation horaire du plan palatin (Fig. 84).

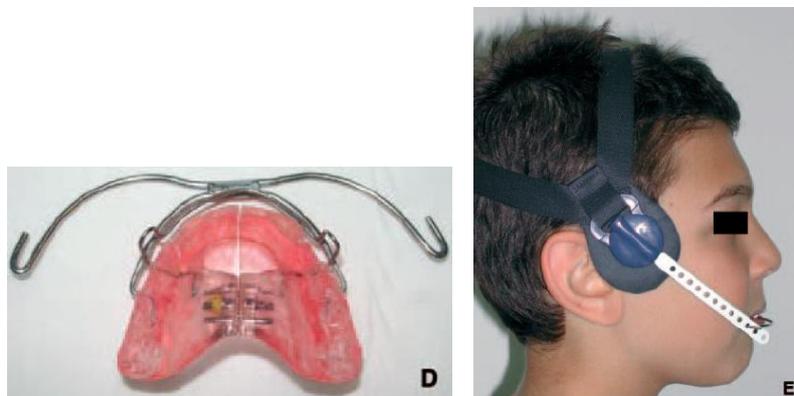
L'effet de freinage de la croissance sagittale du maxillaire par la FEO est discuté (34). Pour Deblock (102) la traction antéropostérieure du maxillaire n'a pas d'action orthopédique sur la mandibule. La FEO aurait des effets orthodontiques : version distale des dents de l'arcade maxillaire concernées par l'appareil, linguoversion des incisives maxillaires mais n'empêcherait pas le glissement mésial de l'arcade mandibulaire et la vestibuloversion des incisives mandibulaires (82)(34). La FEO peut être associée à différents types d'appareils (Figs. 85 et 86).

Pour les incisives mandibulaires, les résultats sont contradictoires et rapportent des mouvements en direction linguale (103)(104) ou vestibulaire (105).



**Figure 84.** Schématisation des effets de l'activateur monobloc (Teuscher, 1978)(32)

- A. L'activateur simple induit des réactions musculaires temporale (1), sus-hyoïdienne (2) et massétérine (3) dont la résultante (a), dirigée en haut et en arrière, a une ligne d'action passant sous les centres de résistance du maxillaire (M) et de la denture (D)
- B. L'activateur combiné à une FEO produit toujours une force musculaire (a) à laquelle est associée la force de la FEO (B) qui dévie l'effet (a) pour donner la résultante des effets combinés (C) dont la ligne passe entre les deux centres de résistance (M et D)
- C. Si l'interposition de résine est épaisse, la ligne d'action de (a) s'éloigne des centres de résistance (M et D).



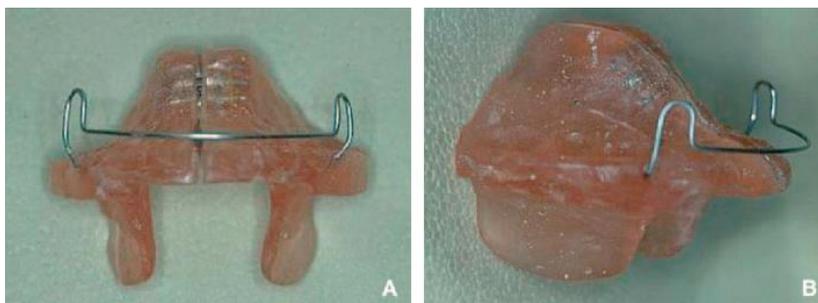
**Figure 85.** Activateur monobloc associé à une FEO (Chiche-Uzan, 2009)(34)



**Figure 86.** Bielles de Herbst fixes associées à une FEO la nuit (Wieslander, 1993 et 1984)  
(82)(106)

### Appui muqueux pour créer un réflexe d'évitement de Bass

Un autre moyen de contrôler cette vestibuloversion serait de prendre le moins d'appui possible sur l'arcade mandibulaire et d'utiliser des ailettes de résine latérales les plus profondes possibles afin que la propulsion soit assurée par le réflexe d'évitement de Bass. C'est le principe de la propulsion forcée active. Cependant, cela rend l'appareil plus difficile à tolérer pour le patient (34) (Fig. 87).



***Figure 87. Activateur d'Andresen construit avec des ailettes latérales profondes (Chiche-Uzan, 2009)(34)***

### Propulsion progressive et modérée

Certains auteurs préconisent de construire les activateurs avec une propulsion modérée pour diminuer la sollicitation des rétropulseurs et d'augmenter l'interposition de résine entre les arcades (et l'ouverture aussi par conséquent) pour compenser et assurer une sollicitation suffisante des ptérygoidiens latéraux (107).

Certains préconisent une quantité de propulsion initiale ne dépassant pas 3 à 4 mm afin de réduire les effets dentoalvéolaires, les problèmes de mastication et les douleurs musculaires (34).

Malmgren et Omblus (108) pensaient que le repositionnement progressif de la mandibule en avant donnait un meilleur effet qu'une forte activation en un seul temps.

Cependant, Banks (109) et Gill (110) avec le Twin-Block, De Vincenzo (111) avec un appareil proche du Twin-Block, Du (112) avec des bielles de Herbst associées à une FEO, ont comparé les effets d'une propulsion progressive à ceux d'une propulsion maximale en un temps et n'ont pas constaté pas de différence entre les groupes sur la version vestibulaire des incisives mandibulaires.

### Propulsion mandibulaire volontaire

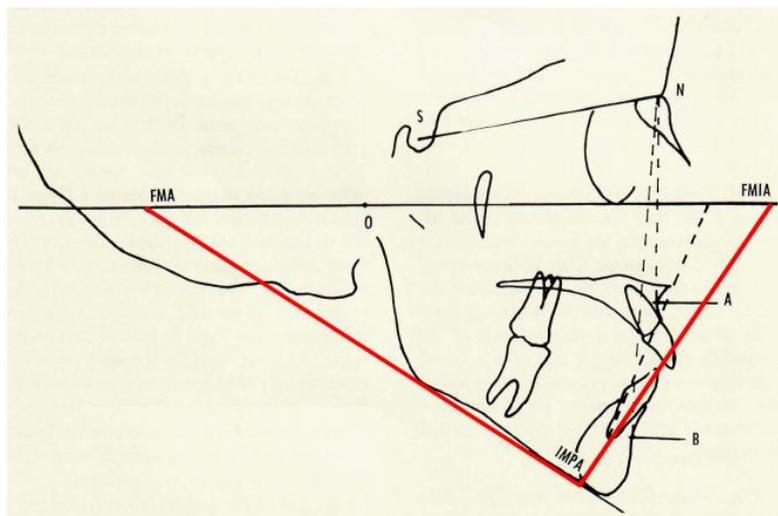
Une des réactions musculaires à la propulsion forcée est un réflexe myotatique des muscles rétropulseurs de la mandibule, qui provoque une rétrusion mandibulaire. Pendant le traitement, les appareils à propulsion forcée maintiennent les dents en propulsion, mais la force rétrusive musculaire

toujours présente provoque des versions dentaires. Une propulsion volontaire permettrait d'éliminer ce réflexe myotatique des rétropulseurs et ainsi permettrait d'éviter la vestibuloversion incisive (113).

## I. 7. Effets des différents types d'appareils sur la version incisive mandibulaire

Ce travail n'a pas pour objectif de faire une méta-analyse mais de donner un ordre de valeurs des versions incisives retrouvées dans la littérature avec différents types d'appareillages à visée orthopédique de classe II.

Nous nous sommes intéressés aux variations d'IMPA (Incisor Mandibular Plan Angle), qui est l'angle formé entre l'axe de l'incisive mandibulaire (apex/bord occlusal) et le plan mandibulaire (plan tangent à la partie inférieure de la symphyse et à la région angulaire mandibulaire) sur une téléradiographie de profil (114) (Fig. 88).



**Figure 88.** *Tracé de l'angle IMPA (Tweed, 1966)(114)*

Les valeurs suivantes correspondent aux variations d'IMPA avant/après appareillage, et sont rangées par ordre croissant et par type d'appareil. Les valeurs en gras sont les minima et maxima pour chaque type d'appareil.

### I. 7. A. Appareils amovibles à ancrage dentaire

Dans les traitements par appareils amovibles, certaines études montreraient des effets favorables sur la croissance mandibulaire (115)(116)(96)(117)(118) alors que d'autres ne trouvent pas d'effet

significatif sur la mandibule (119)(120). La vestibuloversion des incisives mandibulaires serait communément admise (121)(122).

Deux revues systématiques (123)(121) ont conclu que les effets squelettiques des appareils amovibles étaient faibles et avaient une importance clinique négligeable.

Selon Pancherz, avec les propulseurs à butée la vestibuloversion incisive serait d'environ +6° qui récidiverait à 75% de sa valeur dans les 12 mois suivant la dépose de l'appareil (124).

Koretsi (121) dans sa méta-analyse de 2015 trouve une augmentation de IMPA de +1.37° en moyenne avec les appareils amovibles.

#### I. 7. A. a. Appareils amovibles à propulsion forcée mécanique

+2.5° (±4.9)	Valant 1989 (42)	32 patients	Herbst gouttière mandibulaire amovible
+3.1° (±5.0)	Baccetti 2009 (125)	28 patients	Herbst sur gouttières
+4.72° (±4.55)	Windmiller 1993 (126)	46 patients	Herbst sur gouttières
+5.1° (±4.0)	Lai 1998 (127)	40 patients	Herbst sur gouttières
-2.48° (±3.93)	Almeida 2007 (128)	30 patients	Monobloc avec FEO
-2.20° (±2.52)	Cura 1996 (103)	20 patients	Monobloc avec FEO
-0.47° (±5.51)	Basciftci 2003 (129)	50 patients	Monobloc avec résine sur les incisives
+0.25°	Weiland 1997 (35)	20 patients	Monobloc avec FEO
+1.55° (±3.09)	Cozza 2004 (130)	40 patients	Monobloc
+2.0° (±4.8)	Marşan 2007 (131)	28 patients	Monobloc avec FEO
+2.35°	Weiland 1997 (35)	27 patients	Herren (monobloc avec résine incisives)
+2.41° (±2.91)	Cura 1996 (103)	17 patients	Monobloc
+2.73° (±0.66)	Tümer 1999 (132)	13 patients	Monobloc
+5.45° (±1.23)	Ozbilek 2017 (69)	6 patients	Monobloc
-3.3° (±2.4)	Erverdi 1995 (50)	30 patients	Elastic Bite Block + FEO
+2.0° (±7.3)	Illing 1998 (40)	16 patients	Twin-Block
+2.8° (±5.4)	Toth 1999 (96)	40 patients	Twin-Block
+3.3° (±3.4)	Giuntini 2015 (133)	28 patients	Twin-Block
+3.63° (±1.62)	Burhan 2014 (47)	22 patients	Twin-Block
+4.5° (±6.0)	Schaefer 2004 (134)	28 patients	Twin-Block
+5.12° (±0.89)	Tümer 1999 (132)	13 patients	Twin Block
+5.2° (±3.9)	Mills 1998 (97)	28 patients	Twin-block avec arc vestibulaire
+5.51° (±6.33)	Saikoski 2014 (135)	20 patients	Twin-Block

<b>+7.9°</b>	Lund 1998 (136)	36 patients	Twin-Block
<b>+3.25°</b> (±2.38)	Burhan 2014 (47)	22 patients	Bite-jumping appliance
<b>+3.3°</b> (±3.7)	Martina 2013 (137)	23 patients	Sander Bite-jumping appliance

#### I. 7. A. b. Appareils amovibles à propulsion forcée réflexe

<b>-0.28°</b> (±3.26)	Cura 1996 (103)	27 patients	Appareil de Bass
<b>+0.3°</b> (±5.1)	Illing 1998 (40)	13 patients	Appareil de Bass
<b>+0.2°</b> (±4.7)	Malta 2010 (138)	20 patients	Bionator
<b>+1.56°</b> (±2.15)	Martins 2008 (139)	17 patients	Bionator
<b>+2.6°</b> (±3.6)	Almeida 2004 (140)	22 patients	Bionator avec résine sur les incisives
<b>+2.79°</b> (±4.03)	Almeida 2007 (128)	30 patients	Bionator
<b>+4.0°</b> (±3.6)	Illing 1998 (40)	18 patients	Bionator
<b>+0.8°</b> (±4.4)	Angelier 2014 (141)	17 patients	Fränkel
<b>+1.1°</b> (±3.0)	Toth 1999 (96)	40 patients	Fränkel
<b>+2.0°</b> (±2.8)	Almeida 2002 (116)	22 patients	Fränkel
<b>+2.9°</b> (±5.7)	Silvestrini-Biavati 2012 (142)	25 patients	Fränkel
<b>+3.3°</b> (±3.5)	Perillo 2013 (143)	17 patients	Fränkel

#### I. 7. B. Appareils fixes à ancrage dentaire

Dans sa méta-analyse de 2015, Perinetti (144) trouve une élongation mandibulaire significative, mais ses résultats sont en contradiction avec d'autres méta-analyses qui ont trouvé une absence d'effets squelettiques des appareils fonctionnels fixes :

Zymperdikas, dans sa méta-analyse de 2016 (145), conclut à des effets principalement dentoalvéolaires plutôt que squelettiques. Il retrouve une version de **+7.99°** de l'IMPA.

Dans sa méta-analyse de 2016 Ishaq (146) trouve des résultats similaires. Elkordy trouve une version de **+8.93°** dans sa méta-analyse de 2016 (147).

En ce qui concerne le Distal Active Concept (DAC), selon Aknin, la thérapeutique provoquerait une vestibulo-version incisive mandibulaire qui serait temporaire, les incisives retourneraient à leur position initiale à environ 30 mois post-traitement (148).

Les appareils fixes à ancrage dentaire auraient plus d'effets dento-alvéolaires que squelettiques (149)(150)(151)(152)(124)(153)(154)(155)(156), incluant la version des incisives mandibulaires.

Selon Küçükkeleş (157) le Jasper Jumper aurait 80% d'effets dento-alvéolaires.

+3.6° (±3.1)	Wieslander 1984 (106)	18 patients	Herbst sur gouttières scellées + FEO
+3.8° (±6.8)	Schaefer 2004 (134)	28 patients	Crown banded Herbst
+4.6° (±4.1)	Jakobsone 2013 (158)	40 patients	Crown Herbst
+4.6° (±4.1)	Latkauskiene 2012 (159)	40 patients	Crown Herbst
+5.0° (±6.1)	De Almeida 2005 (160)	30 patients	Herbst sur bagues
+6.5° (±9.4)	Bremen 2015 (65)	12 patients	Herbst sur multiattache
+6.6° (±4.17)	Moro 2009 (57)	26 patients	Herbst cantilever bite jumper
+7.1° (±6.9)	Wigal 2011 (161)	22 patients	Crown Herbst
+7.4°	Manni 2012 (162)	25 patients	Herbst sur gouttière mandibulaire fixe
+7.50° (± 3.98)	Celikoglu 2016 (68)	16 patients	Crown Herbst
+7,5°	Manni 2014 (64)	14 patients	Herbst sur gouttières
+8.82° (±5.69)	Tomblyn 2016 (56)	30 patients	Herbst sur bagues
+8,9°	Ruf 1998 (163)	98 patients	Herbst fixe (non précisé)
+9,3°	Von Bremen 2007 (100)	34 patients	Herbst sur TMS (total mandibular cast splint)
+10,8° (±4.3)	Hansen 1997 (164)	24 patients	Herbst sur TMS
+11,8°	Von Bremen 2007 (100)	32 patients	Herbst sur RMS (reduced mandibular cast splint)
+12.9° (±4.6)	El-Fateh 2011 (99)	100 patients	Herbst sur RMS
+5.0° (±4.1)	Cacciatore 2014 (165)	54 patients	Forsus
+6.2° (±5.9)	Cacciatore 2014 (149)	36 patients	Forsus
+9.29° (±3.81)	Aslan 2014 (63)	17 patients	Forsus
+13.37° (±5.01)	Turkkahraman 2016 (166)	15 patients	Forsus
+4.88°	Pangrazio 2012 (167)	30 patients	MARA
+5.4° (±5.9)	Al-Jewair 2012 (168)	40 patients	MARA
+5.5° (±7.2)	Ghislanzoni 2011 (169)	23 patients	MARA
+4.25° (±7.41)	de Oliveira 2007 (170)	25 patients	Jasper Jumper
+4.31°	Weiland 1997 (35)	25 patients	Jasper Jumper
+4.46° (±5.05)	Küçükkeleş 2007 (157)	25 patients	Jasper Jumper
+5.3° (±5.2)	Bassarrelli 2016 (171)	32 patients	Jasper Jumper
+7.9° (±4.4)	Covell 1999 (172)	12 patients	Jasper Jumper
+4.48° (±1.1)	Hammad 2016 (59)	13 patients	Rick-A-Nator
+5.3° (±3.6)	Al-Jewair 2012 (168)	30 patients	AdvanSync

+4.40° à +5.47° Chhibber 2013 (60)

41 patients

Twin Force Bite corrector

### ⇒ Appareils à ancrage dentaire, amovibles et fixes

Selon Graber, le mécanisme d'adaptation mandibulaire à la propulsion forcée est le même avec les tous les appareils à ancrage dentaire, qu'ils soient amovibles ou fixes. Selon lui, la correction de la classe II par ces appareils serait une combinaison de à 30 à 40% d'effets orthopédiques et 60 à 70% d'effets dento-alvéolaires (173).

Dans sa revue de littérature de 2015, D'Antò (174) retrouve une vestibuloversion des incisives mandibulaires avec le Twin-Block ; la vestibuloversion avec les bielles de Herbst sur gouttières et sur couronnes ne serait pas prouvée.

Zelderloo (175) dans son étude de 2017 sur 125 patients étudiant plusieurs appareils confondus trouve une version incisive de +4.3°.

De manière générale, les revues systématiques et méta-analyses s'accordent à dire que ni les appareils amovibles ni les appareils fixes ne produisent de changements purement squelettiques, mais que les effets sont principalement dento-alvéolaires (121)(176)(144)(145).

### I. 7. C. Appareils à ancrage mixte squelettique et dentaire

En ce qui concerne l'utilisation d'appareils fixes associés à des minivis (162)(177)(178)(63)(65)(64)(179) et de miniplaques (67)(66), les résultats sont controversés quant à l'obtention d'une réelle correction squelettique, certaines rapportant une croissance mandibulaire (162)(64)(67) et d'autres non (63)(179).

(-7,8°	Celikoglu 2014 (67)	1 patient	Forsus+miniplaques symphysaires)
-4.09° (±5.12)	Celikoglu 2016 (68)	16 patients	Forsus+miniplaques symphysaires
-4.23° (±2.40)	Unal 2015 (66)	17 patients	Forsus+miniplaques symphysaires
-2.86° (±4.83)	Turkkahraman 2016 (166)	15 patients	Forsus+miniplaques symphysaires
+0,6°	Manni 2014 (64)	14 patients	Herbst sur gouttières+minivis
+2.8°	Manni 2012 (162)	25 patients	Herbst sur gouttières+minivis
+3.61 (±5.07)	Aslan 2014 (63)	16 patients	Forsus+minivis
+4.8° (±4.9)	Bremen 2015 (65)	12 patients	Herbst sur multiattache+minivis

Selon la méta-analyse d'Elkordy de 2016 (147), incluant les études de Manni (2012) (162), Bremen (2015) (65), Aslan (2014) (63), Aboulazm (2009) (180), et Elkordy (2016) (179), les appareils fonctionnels fixes associés à un ancrage squelettique (minivis ou miniplaque) n'auraient pas d'effet squelettique plus important qu'avec ancrage dentaire seul, mais permettraient une réduction significative de la vestibuloversion incisive mandibulaire. Avec ancrage conventionnel, la vestibuloversion moyenne observée serait de **+8,93°** alors que dans le groupe ancrage squelettique elle est d'environ **+4,2°** (intervalle de confiance 0,63 ; 8,94).

Eissa en 2017 (181) dans une étude comparant forsus conventionnel et forsus associé à des minivis, constate une **vestibuloversion significative** des incisives mandibulaires dans les deux groupes sans différence significative entre les deux groupes, que les auteurs attribuent à une section d'arc trop faible 0.016x0.016 acier dans une gorge 0.018x0.018 comparé à d'autres auteurs utilisant du 0.018x0.015 et du 0.019x0.025.

#### I. 7. D. Appareils à ancrage purement squelettique

<b>-3.01°</b> ( $\pm 1.66$ ) Ozbilek 2017 (69)	6 patients	Miniplaques bimaxillaires
<b>-1.27°</b> ( $\pm 2.48$ ) Al-Dumaini 2018 (70)	28 patients	Miniplaques bimaxillaires

Seules deux études se sont intéressées à un ancrage purement squelettique sur miniplaques pour l'orthopédie de classe II. Elles trouvent toutes deux une linguoversion des incisives mandibulaires. Il faut cependant noter que contrairement à Ozbilek (69) qui ne nivèle pas l'arcade mandibulaire avant la thérapeutique, Al-Dumaini (70) pose un multiattache aux deux arcades avant la thérapeutique de classe II, qui peut influencer sur le torque des incisives mandibulaires.

## II. Propulsion volontaire : Mécanisme d'action et description du guide de croissance (G2C)

### II. 1. Description du guide de croissance

Le guide de croissance est un appareil amovible constitué de plaques à pistes associées à des tiges de croissance dont le principe est :

- Le guidage des mouvements de propulsion et de latéralités volontaires (les tiges de croissance sont construites en Relation Centrée ou RC)
- Un changement postural de la mandibule par l'orientation des pistes occlusales
- Après changement comportemental du fonctionnement mandibulaire, l'activation des tiges de croissance par des mini-propulsions de 1,5 mm toutes les 10 semaines permet de donner un signal au patient de ne plus reculer sa mandibule : ce sont des cales anti-recul. Le patient ne doit jamais être en appui sur les cales (Fig. 89).



***Figure 89. Vue endobuccale d'un patient en cours de traitement par G2C, sans appui sur les cales  
(document Dr Valero)***

L'appareil est constitué de plusieurs parties (Figs. 90 et 91) :

- Tiges de croissance :
  - o Les tiges de croissance utilisées sont miniaturisées afin d'augmenter le confort du patient et d'améliorer l'esthétique du sourire avec l'appareil, leur encombrement est de 2 mm d'épaisseur.
  - o Une articulation en maillon de chaîne permet des latéralités importantes, favorisées par la désocclusion produite par les pistes.

- Plaques à pistes :
  - Pistes orientées selon les principes de la rééducation neuro-occlusale (RNO) de Planas en haut et en avant
  - Armature métallique : elle a un rôle de renfort de la gouttière et permet la connexion avec les tiges de croissance. Elle comporte un crochet maxillaire au niveau des premières molaires.
  - Faces vestibulaires libres, la résine inclut les autres faces.



**Figure 90.** *Tige de croissance (document Dr Valero)*



**Figure 91.** *Guide de croissance (G2C) (document Dr Valero)*

## II. 2. Fonctionnement du guide de croissance

### II. 2. A. Croissance mandibulaire et équilibre musculaire

Selon Boileau, les classes II sont caractérisées par un déséquilibre entre les muscles propulseurs et rétropulseurs, soit par un hypofonctionnement des premiers, soit par une hyperactivité des seconds, avec une faiblesse de la musculature masticatrice de manière générale (22).

Le principal muscle rétropulseur est le faisceau postérieur du muscle temporal, alors que le principal muscle propulseur est le muscle ptérygoïdien latéral.

« L'hypothèse du muscle ptérygoïdien latéral » suggérée par McNamara (182) est une hypothèse selon laquelle l'activité fonctionnelle et posturale des muscles masticateurs, notamment le muscle ptérygoïdien latéral, augmenterait après mise en place d'un activateur, et stimulerait ainsi la croissance condylienne (183).

Cependant certaines études ont trouvé des résultats allant à l'encontre de cette hypothèse.

En 1997, Yamin-Lacouture (183) dans son étude sur des primates traités par bielles de Herbst, Twin-Block et Fränkel, mesure une diminution significative de l'activité des muscles masséter (élevateur), digastrique (abaisseur) et ptérygoïdien latéral (propulseur) 6 semaines après pose des appareils.

En 2000, Hiyama (184) observe avec les bielles de Herbst une augmentation initiale de l'activité du ptérygoïdien latéral dès la mise en place de l'appareil, puis elle retourne à sa valeur initiale après 4 à 6 mois de port.

En 2000, Chintakanon (185) ne trouve pas d'augmentation significative de la force musculaire propulsive mandibulaire après 6 mois de port du Twin-Block.

L'arsenal des thérapeutiques fonctionnelles des classes II serait le plus important de tous (51). Cependant d'après les études ci-dessus il semblerait que les appareils étudiés fonctionnant par propulsion forcée ne permettraient pas de corriger le déséquilibre musculaire entre les muscles propulseurs et rétropulseurs décrit par Boileau.

C'est pourquoi une approche basée sur la propulsion volontaire du patient paraît intéressante. C'est en partant de cette réflexion qu'a été conçu le guide de croissance.

Lorsque le patient avance volontairement sa mandibule, que ce soit lors d'exercices de latéralités propulsives ou par son changement de posture mandibulaire, il donne l'ordre à ses deux muscles ptérygoïdiens latéraux de se contracter. Cette contraction renforce ces muscles, ce qui va dans le sens de la guérison.

De par le phénomène de réflexe d'inhibition réciproque, la contraction des muscles propulseurs entraîne un relâchement des muscles rétropulseurs.

Le relâchement des muscles rétropulseurs permettrait de libérer les articulations temporo-mandibulaires (ATM) des pressions à l'origine de l'inhibition de la croissance mandibulaire.

L'objectif du traitement par G2C est de reproduire en les amplifiant les stimulations naturelles de croissance induites par la mastication en latéralité propulsive, afin de rattraper le retard que l'enfant a accumulé en inhibant sa croissance par des tensions rétrusives dont il n'a pas conscience.

## II. 2. B. Action sur la cinématique mandibulaire

Selon Raymond (62), le changement de cinématique mandibulaire fait partie des objectifs de traitement au même titre que les corrections anatomiques. L'importance accordée à cette cinématique mandibulaire est due au fait qu'elle serait le reflet des rapports tridimensionnels des arcades. Selon lui, la cinématique post-thérapeutique doit comporter une composante propulsive physiologique.

La correction morphologique ainsi obtenue serait stable à long terme car la forme et l'orientation spatiale des arcades sont compatibles avec une mastication physiologique efficace (26)(186)(187), qu'il est possible d'assimiler à un dispositif naturel de contention.

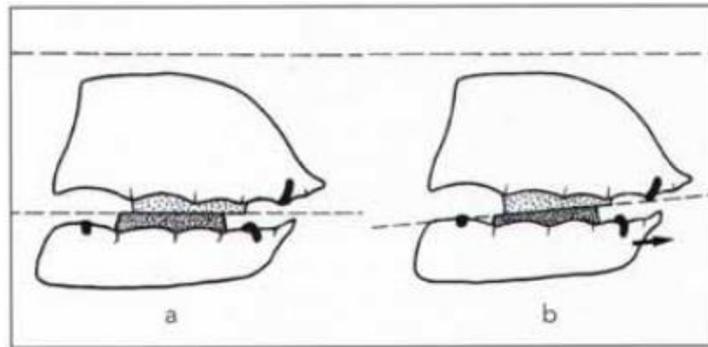
La mandibule est un os mobile et complexe, à qui il incombe entre autres d'effectuer les mouvements de mastication. Elle possède deux articulations dotées d'une très grande sensibilité, et ses trajets, influencés par les interférences occlusales, l'amèneraient toujours en intercuspidation maximale, où la dimension verticale est la plus faible (Planas) (11)(26). C'est ce qu'on appelle la « loi de la dimension verticale minimale ».

Pour amener la mandibule en position plus antérieure et ainsi corriger de la classe II en utilisant cette loi, Planas utilise des pistes inclinées en haut et en avant. La dimension verticale est donc plus faible en antérieur qu'en postérieur, favorisant ainsi une position antérieure de la mandibule sans la forcer (Fig. 24).

Cependant selon Limme (29), avec l'utilisation de pistes de Planas de classe II seules, la propulsion mandibulaire ne s'installerait pas toujours spontanément chez certains patients. L'hypothèse qu'il propose serait que le type constitutionnel musculaire de l'enfant puisse contribuer à apporter une réponse favorable ou défavorable au dispositif, ou que chez certains l'orientation de certaines résultantes musculaires, l'inclinaison des pentes condyliennes, le seuil de perception proprioceptive ou encore le degré d'adaptabilité des réponses motrices et posturales puissent interférer négativement avec l'appareil.

Dans ces cas défavorables, Planas préconiserait l'utilisation de bielles, centrale unique ou doubles latérales. Cependant l'appareil devenant plus instable serait difficilement accepté par l'enfant et serait

plus difficile à équilibrer en bouche (29). Avec l'ajout de ces auxiliaires la propulsion devient alors forcée.



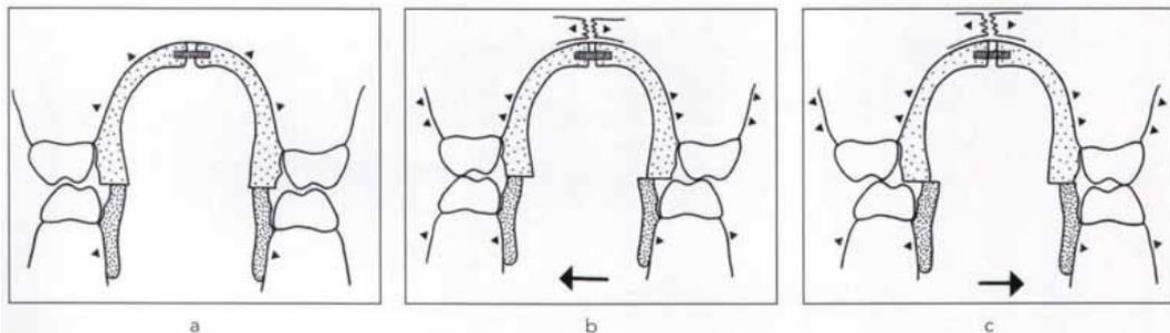
**Rappel fig. 24. Inclinaison des pistes de rodage de Planas (Limme, 2006)(29)**

*a. pistes de rodage parallèles au plan de Camper, pour les cas de classe I*

*b. pistes de rodage inclinées en haut et en avant, pour les cas de classe II*

En faisant réaliser des exercices de propulsion et de latéralités propulsives sur les plaques à pistes, Planas cherche à faire faire à l'enfant des exercices musculaires s'appuyant sur les appareils interposés et délivrant de nouvelles sollicitations mécaniques centrifuges aux structures anatomiques (Fig. 92).

Dans les cas de classe II, il chercherait à promouvoir les excursions propulsives de la mandibule, et crée les conditions pour que cette nouvelle position de propulsion mandibulaire devienne spontanée. Selon Simoes et Petrovic cités par Limme (88)(29), « le fait de supprimer l'intercuspitation libère une tendance naturelle de la mandibule à occuper une position plus antérieure, notamment en magnifiant les mouvements répétitifs de diduction ».



**Figure 92. Pistes de rodage de Planas en bouche (Limme, 2006)(29)**

*a. Relation centrée ; b. et c. Latéralités droite et gauche*

Le guide de croissance (G2C) s'appuie également sur l'utilisation de la loi de la dimension verticale minimale, avec des pistes inclinées en haut et en avant, mais recherche une propulsion volontaire du patient : il ne cherche pas uniquement à « favoriser » une position antérieure de la mandibule mais aussi à « éduquer » le patient à la réaliser.

Cette éducation favoriserait la stabilité des résultats obtenus en constituant une contention naturelle du traitement par le patient lui-même.

De la même manière que les vérins chez Planas sont conçus pour suivre l'élargissement des bases maxillaires et mandibulaires provoqués par la fonction, les tiges de croissance ont pour objectif de guider la correction de la classe II, et non de la provoquer.

## II. 2. C. Différence avec la propulsion forcée

Avec les appareils à propulsion forcée, la force rétrusive musculaire serait toujours présente, et serait à l'origine de compensations dento-alvéolaires, notamment la vestibuloversion incisive mandibulaire par « effet tiroir ». Après le traitement, cette rétrusion peut s'exprimer et pourrait expliquer les récurrences constatées après l'arrêt du traitement (113).

Le G2C est construit en relation centrée, c'est-à-dire dans la position rétrusive du patient. Il ne présente aucun élément exerçant une pression mécanique d'avancée mandibulaire ni aucun écran pouvant créer un réflexe d'origine muqueuse. La propulsion ne peut donc provenir que d'une action musculaire du patient : elle doit être volontaire.

Selon le Dr Valero, le G2C et le changement de posture mandibulaire permettraient :

- Une décompression des ATM favorisant la croissance mandibulaire
- Une stimulation de la croissance squelettique de la face
- Une réorientation du plan d'occlusion dans le sens anti-horaire
- Une absence de vestibuloversion des incisives mandibulaires
- Une diminution de casse des appareils.

## II. 3. Fabrication du guide de croissance

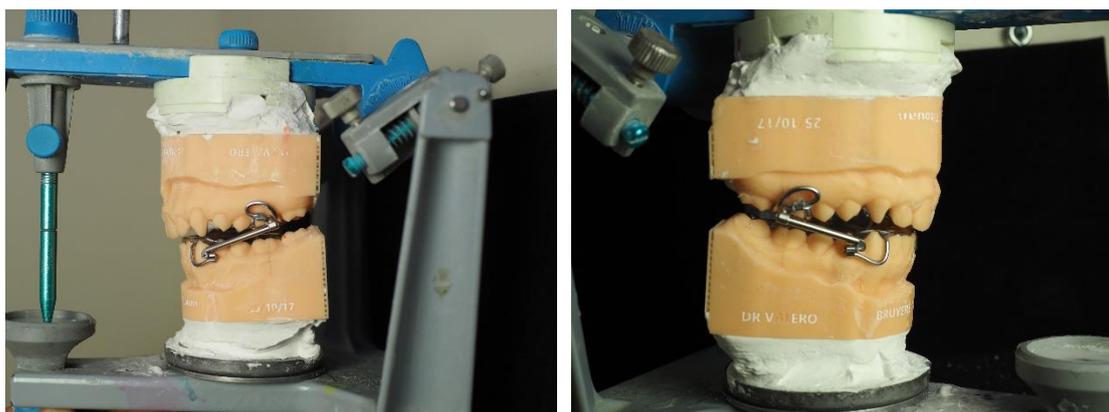
Deux cires d'occlusion sont réalisées lors de la prise d'empreintes : l'une en relation centrée, et l'autre avec une propulsion de 4 mm et une désocclusion suffisante pour avoir l'espace pour créer les pistes.

Sur les modèles de travail, les armatures sont construites, puis les pistes sont réalisées sur articulateur dans une position propulsée de 4 mm avec une orientation antéro-supérieure (Fig. 93).



***Figure 93.** Inclinaison antéro-supérieure des pistes du guide de croissance (document Dr Valero)*

Puis les modèles sont replacés en **relation centrée** enregistrée lors des empreintes, afin d'assembler les tiges de croissance dans une position mandibulaire sans composante propulsive (Fig. 94).



***Figure 94.** Guide de croissance sur moulages montés sur articulateur (document Dr C. Valero)*

## II. 4. Utilisation clinique par le praticien et le patient

Un traitement par G2C est indissociable de l'éducation du patient sur sa posture mandibulaire et sa mastication. La communication avec le patient doit lui apporter des explications sur le fonctionnement de la mandibule et sa croissance, et sur le fonctionnement de l'appareil. L'utilisation d'un DVD permet de faciliter cette communication. Pour des explications plus didactiques et visuelles, le Dr Valero utilise une réplique de crâne avec mandibule amovible sur lequel sont représentés les muscles ptérygoïdiens latéraux.

A la pose, le patient arrive en ayant déjà compris le fonctionnement de l'appareil. Le praticien va vérifier la bonne compréhension en lui faisant tester l'appareil : il lui demande de réaliser les mouvements de latéralités propulsives avec l'appareil et sans l'appareil, en contrôlant visuellement ses mouvements dans un miroir de courtoisie. Il est important qu'il sache réaliser les bons mouvements même sans appareil car des excursions mandibulaires propulsives lors de la mastication contribuent à instaurer une fonction physiologique et à pérenniser les résultats.

L'appareil doit être porté le plus possible le jour et la nuit. Il est enlevé lors des repas et lors du brossage des dents. Le patient a pour consigne de réaliser des mouvements de latéralités propulsives avec l'appareil en bouche le plus possible dès qu'il en a l'occasion et d'avoir de plus en plus souvent une position antérieure.

La plaque palatine ne comporte que deux crochets sur les molaires maxillaires car elle ne doit pas être trop rétentive. La mobilité de la plaque palatine est un avantage de l'appareil qu'il faut savoir expliquer au patient. Elle va le contraindre à adopter une nouvelle posture linguale haute, afin de plaquer l'appareil au palais, levant ainsi les interpositions linguales tout en favorisant l'action expansive de la langue sur le palais.

#### Les bielles contre résistance (BCR)

Il s'agit d'élastiques accrochés entre la boucle postérieure de la plaque maxillaire et la boucle antérieure de la plaque mandibulaire que l'on peut adjoindre au G2C lorsque le traitement par G2C fonctionne déjà bien. Ces élastiques permettent au patient de propulser sa mandibule contre une résistance et ainsi de renforcer ses muscles propulseurs. Les BCR ne sont pas posées chez les patients qui ont une posture rétrusive.

L'objectif est d'appliquer sur l'arcade alvéolaire mandibulaire une force de 80 à 100 g dirigée d'avant en arrière afin de permettre le redressement des versions incisives tout en contribuant à stimuler l'activité des muscles ptérygoïdiens latéraux (Fig. 95).



***Figure 95.** Guide de croissance associé à des bielles contre résistance (document Dr Valero)*

## II. 5. Indications et contre-indications

### Indications :

- Patient présentant une classe II squelettique avec potentiel de croissance
- Patient avec ou sans vestibulo-version des incisives mandibulaires

### Contre-indications :

- Patient non motivé ou non compliant
- Patient n'ayant pas des capacités cognitives ou motrices suffisantes pour réaliser les mouvements mandibulaires, qui peuvent alors être orientés vers une prise en charge kinésithérapique
- Patient sans potentiel de croissance

# III. Comparaison des effets de l'activateur monobloc et du guide de croissance sur la version de l'incisive mandibulaire : une étude clinique rétrospective

## III. 1. Objectif de l'étude

Comparer les effets de l'activateur monobloc associé à une FEO à ceux du guide de croissance sur la version de l'incisive mandibulaire lors de traitements de classe II à visée orthopédique.

Hypothèse de travail : il n'y pas de différence significative entre les deux traitements sur la version de l'incisive mandibulaire.

## III. 2. Matériel et méthode

Les critères d'inclusion étaient :

- Patient ayant réalisé au moins deux téléradiographies de profil exploitables : une avant et une après traitement orthopédique,
- Patient ayant atteint une classe I molaire et canine à la fin du traitement,
- Pour le groupe monobloc : traitement *actif* par monobloc : exclusion des monoblocs posés en contention.

Dans les deux groupes tous les patients ayant eu un multiattache mandibulaire avant la deuxième téléradiographie de profil ont été exclus, car celui-ci pouvait influencer sur le torque incisif mandibulaire.

### Groupe monobloc :

Tous les patients ayant bénéficié d'un traitement par activateur monobloc de classe II associé à une FEO entre 2011 et 2017 au CSD de Lyon ont été sélectionnés.

Sur 93 patients ayant reçu ce traitement, 42 ont été exclus car n'avaient pas au moins deux téléradiographies de profil l'une avant et l'une après traitement. 38 ont été exclus car ils n'avaient pas bien porté leur appareil. Le groupe étudié comporte donc 13 patients, d'âge moyen 10.60 ans ( $\pm 1.87$ ), comprenant 6 filles et 7 garçons.

L'appareil utilisé est un activateur monobloc classique associé à une FEO, qui pouvait être ou non précédé d'un multiattache maxillaire pour lever une éventuelle supraclusion.

#### Groupe Guide de Croissance (G2C) :

Tous les patients ayant bénéficié d'un traitement par guide de croissance entre 2011 et 2018 au cabinet du Dr Valero ont été sélectionnés.

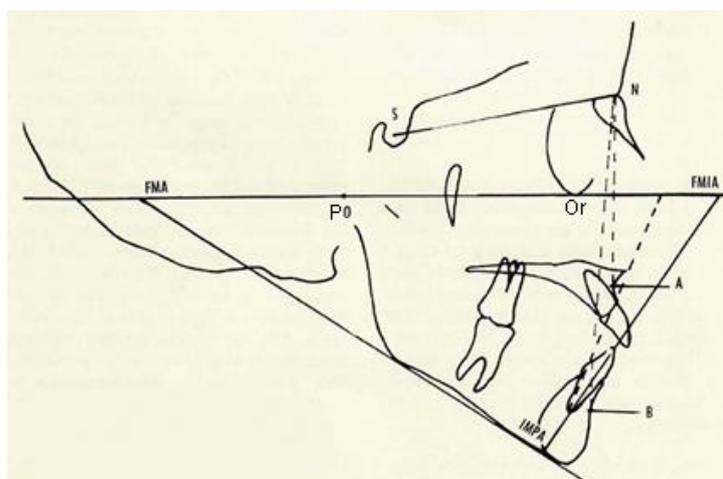
Sur 137 patients ayant reçu le traitement, 20 patients ont été exclus car n'avaient pas au moins deux téléradiographies de profil l'une avant et l'une après traitement, 12 ont été exclus car la deuxième téléradiographie de profil a été faite après pose d'un multiattache mandibulaire, et 33 ont été exclus car n'ont pas bien porté leur appareil. Le groupe étudié comporte donc 72 patients, d'âge moyen 10.09 ans ( $\pm 1.65$ ), comprenant 40 filles et 32 garçons.

Le G2C pouvait être associé à un multiattache maxillaire pour lever une éventuelle supraclusion, et pouvait ou non être associé à des bielles contre résistance (BCR). Pour information 41 patients ont été traités par G2C avec BCR et 31 patients par G2C seul. L'objectif de notre étude étant de comparer le G2C à un traitement existant, nous n'avons pas présenté d'analyses de sous-groupes car cela diminuerait la puissance de l'étude.

Les valeurs céphalométriques ont été mesurées sur les téléradiographies de profil réalisées avant traitement (T1) et ont été comparées à celles faites après (T2).

Le critère de jugement principal est la variation de l'angle IMPA avant/après traitement.

Les critères de jugement secondaires sont les variations d'angles SNA, SNB, ANB, FMA (Fig. 96).



**Figure 96.** *Tracés des angles utilisés (Tweed, 1966)(114)*

Point S : Sellion, centre géométrique de la selle turcique

Point N : Nasion, point le plus antérieur de la suture nasofrontale

Point A : point le plus déclive de la partie antérieure du maxillaire

Point B : point le plus déclive de la partie antérieure de la mandibule

Po : Porion : point le plus supérieur du méat acoustique externe osseux

Point Or : point infraorbitaire : point le plus déclive du rebord latéro-orbitaire

Plan de Francfort : plan rejoignant le Porion et le point infraorbitaire

Plan mandibulaire : plan tangent à la partie inférieure de la symphyse et à la région angulaire mandibulaire

FMA : Frankfort Mandibular plane Angle : angle entre le plan de Francfort et le plan mandibulaire

IMPA : Mandibular Incisor Plane Angle : angle entre l'axe de l'incisive mandibulaire et le plan mandibulaire

Les tracés céphalométriques sur les téléradiographies de profil ont été réalisés par un seul examinateur sur le logiciel Procuste.

### III. 3. Analyse statistique

Toutes les analyses statistiques ont été réalisées par un statisticien extérieur à l'étude.

Une comparaison de moyennes avec le One Way ANOVA (OWA) a été réalisée pour les variables ayant distribution suivant une loi normale. Une comparaison de médianes avec le test de Kruskal Wallis (KW) a été réalisée pour les autres variables.

Pour évaluer l'homogénéité des groupes initialement pour le ratio fille/garçon un test Chi-squared a été réalisé.

### III. 4. Résultats

Pour s'assurer de l'homogénéité des échantillons, les valeurs céphalométriques initiales des deux groupes ont été comparées, ainsi que leur âge et le ratio filles/garçons. Nous n'avons pas retrouvé de différences statistiquement significatives à T1 entre les deux groupes (Tableaux 1 et 2).

**Tableau 1.** Données descriptives initiales des patients inclus à T1

	G2C (n=72)	Monobloc (n=13)	P	Test utilisé
Age moyen (a)	10.09 ± 1.65	10.60 ± 1.87	0.316	OWA
Ratio Fille/Garçon	40/32	6/7	0.746	Chi-squared

a = années

**Tableau 2.** Comparaison des valeurs céphalométriques initiales à T1

Mesures	G2C (n=72)		Monobloc (n=13)		P	Test utilisé
	M	E	M	E		
IMPA (°)	95.56	6.60	95.62	4.41	0.975	OWA
SNA (°)	80.97	4.00	79.46	2.82	0.196	OWA
SNB (°)	74.96	3.30	73.85	3.05	0.262	OWA
ANB (°)	6.01	1.84	5.62	1.39	0.461	OWA
FMA (°)	22.08	5.41	21.54	6.41	0.746	OWA

M = Moyenne ou médiane ; E = Ecart-type ou Ecart inter-quartile

Concernant les changements à l'intérieur de chaque groupe, les seuls résultats statistiquement significatifs sont une augmentation de SNB (P=0.042) et une diminution de ANB (P<0.001) dans le groupe G2C, et une diminution de ANB (P=0.012) dans le groupe monobloc (Tableau 3).

**Tableau 3.** Comparaison des changements observés dans chaque groupe (T1 à T2)

Mesures	G2C (n=72)					Monobloc (n=13)				
	M	E	M	E	P	M	E	M	E	P
IMPA (°)	95.56	6.60	95.94	6.33	0.719	95.62	4.41	96.08	3.59	0.772
SNA (°)	80.97	4.00	80.35	3.70	0.332	79.46	2.82	78.62	2.72	0.444
SNB (°)	74.96	3.30	76.04	3.02	0.042*	73.85	3.05	74.77	3.37	0.471
ANB (°)	6.01	1.84	4.31	1.79	0.000*	5.62	1.39	3.85	1.91	0.012*
FMA (°)	22.08	5.41	22.50	5.24	0.639	21.54	6.41	21.08	6.30	0.855

M = Moyenne ou médiane ; E = Ecart-type ou Ecart inter-quartile

\*P<0.05

La comparaison entre les groupes G2C et monobloc n'a pas mis en évidence de différence statistiquement significative de variation d'IMPA entre les deux groupes (P=0.763), ni pour aucune autre variable mesurée (Tableau 4).

**Tableau 4.** Comparaison des changements obtenus par G2C et par monobloc associé à une FEO (T1 à T2)

Mesures	G2C (n=72)		Monobloc (n=13)		P	Test utilisé
	M	E	M	E		
IMPA (°)	+0.50	[-2.00,+3.00]	0.00	[-1.00,+2.00]	0.763	KW
SNA (°)	-0.50	[-1.00,0.00]	-1.00	[-1.00, -1.00]	0.210	KW
SNB (°)	+1.00	[0.00,+2.00]	+1.00	[0.00,+1.00]	0.359	KW
ANB (°)	-2.00	[-2.00, -1.00]	-2.00	[-2.00, -1.00]	0.779	KW
FMA (°)	+0.42	1.86	-0.46	2.15	0.130	OWA

M = Moyenne ou médiane ; E = Ecart-type ou Ecart inter-quartile

\*P<0.05

### III. 5. Discussion

Un autre axe d'étude aurait pu être intéressant au vu de son intérêt thérapeutique : la mesure de l'orientation du plan d'occlusion. Cependant, selon Raymond (62) elle n'est pas facilement identifiable sur les téléradiographies de profil à cause de sa faible inclinaison en degrés. Par ailleurs, la représentation linéaire du plan occlusal en céphalométrie ne reflèterait pas sa « réalité occlusale » (en forme de ruban vrillé), ce qui est source de confusion. La céphalométrie ne serait donc pas l'outil adapté pour mesurer l'orientation du plan occlusal.

Notons qu'il n'existe pas de règle universelle pour déterminer la position idéale de l'incisive mandibulaire, comme en témoigne l'existence des différentes analyses céphalométriques les plus couramment utilisées (89). Il s'agit pour la plupart de moyennes établies par rapport à un échantillon, et il n'est pas démontré qu'il soit souhaitable pour un individu que ses dents adoptent l'orientation moyenne de cet échantillon (188).

Cependant, comme nous l'avons vu, dans les cas de traitements de classe II à visée orthopédique, la vestibuloversion des incisives mandibulaires est la plupart du temps une compensation dento-alvéolaire qui entrave la correction squelettique (48)(9).

#### Biais de l'étude

Un des biais de notre étude est lié à sa nature puisqu'il s'agit d'une étude rétrospective.

Par ailleurs, l'étude est multicentrique, ce qui crée un biais de sélection : les deux populations comparées n'ont pas été traitées dans la même structure de soins ni par le même praticien, pourraient provenir de différents niveaux socio-économiques. Pour des raisons pratiques et de comparabilité avec la littérature, les analyses n'ont pas été faites en intention de traiter, ce qui peut constituer un biais. De plus, la taille des échantillons est assez faible.

Le choix de l'IMPA pour mesurer la version incisive mandibulaire n'est pas forcément parfait car le plan mandibulaire soumis à une certaine croissance (189). Cependant, il n'existe pas beaucoup de moyens de mesure de cette version. Le choix de cette variable est lié au fait qu'il s'agit d'une variable couramment mesurée, permettant une comparaison avec la littérature.

Le choix des angles SNA et SNB pour mesurer le décalage squelettique est également soumis à controverse, étant donné que les points A et B sont influencés par des facteurs dento-alvéolaires. Comme pour l'IMPA, ce choix a été fait afin de permettre une comparaison avec les données de la littérature.

### Analyse des résultats

Dans la littérature, les variations d'IMPA retrouvées avec les monoblocs associés à une FEO varient de  $-2.48^\circ$  (128) à  $+2.00^\circ$  (131). Dans notre étude nous retrouvons une valeur de  $0.00^\circ$   $[-1.00,+2.00]$  qui est concordante avec la littérature.

Les autres types d'appareils présentent des variations d'IMPA plus ou moins importantes. Les appareils présentant la vestibuloversion incisive mandibulaire la plus importante seraient les appareils fixes à ancrage dentaire (qui fonctionnent tous par propulsion forcée mécanique) avec une version allant de  $+3.6^\circ$  (106) à  $+13.37^\circ$  (166) selon les études.

Les appareils présentant le moins de vestibuloversion incisive mandibulaire seraient les appareils à ancrage mixte dentaire et squelettique sur miniplaques mandibulaires avec des versions incisives allant de  $-4.09^\circ$  (68) à  $-2.86^\circ$  (166) ; et les appareils à ancrage squelettique pur, sur miniplaques bimaxillaires, avec des versions variant de  $-3.01^\circ$  (69) à  $-1.27^\circ$  (70).

Entre les deux, les études sur les appareils amovibles montrent des versions variables :  $-3.3^\circ$  (50) à  $+7.9^\circ$  (136) pour ceux fonctionnant par propulsion forcée mécanique ;  $-0.28^\circ$  (103) à  $+4.0^\circ$  (40) pour ceux à propulsion forcée réflexe.

Les appareils à ancrage mixte squelettique et dentaire sur minivis montrent des versions allant de  $+0,6^\circ$  (64) à  $+4.8^\circ$  (65).

Dans notre étude, nous avons trouvé une augmentation d'IMPA de  $+0.50^\circ$   $[-2.00,+3.00]$  avec le G2C. Cette valeur se trouve dans la fourchette basse des valeurs trouvées dans la littérature citées précédemment, sans atteindre la linguoversion retrouvée avec les appareils sur miniplaques d'ancrage osseux.

Il semble donc que les appareils sur miniplaques d'ancrage squelettique ont les effets les plus favorables sur la version de l'incisive mandibulaire. Cependant, ils impliquent des risques liés à toute chirurgie (douleur, saignement, infection...). L'utilisation de ces techniques nécessite deux chirurgies (pose et dépose des ancrages squelettiques), et donc d'une part ne peuvent s'adresser

qu'aux patients ne présentant pas de contre-indication chirurgicale, et d'autre part sont plus invasives pour les patients. De plus, il faut prendre en compte le taux d'échec des miniplaques en elles-mêmes. Al-Dumaini (70) sur 28 patients n'a constaté aucun échec de miniplaque, alors qu'Ozbilek (69) a dû exclure deux patients sur huit pour mobilité des miniplaques.

#### Résultats à long terme et aspect fonctionnel

Selon la revue de littérature de D'Antò de 2015 (174) il n'y a pas de preuves suffisantes pour encourager ou dissuader un traitement de classe II à visée orthopédique, la pertinence clinique des résultats rapportés serait discutable, et pas assez de données à long terme seraient disponibles.

Cependant, comme le précise Delaire (21), les troubles fonctionnels et leurs conséquences morphologiques sont souvent étudiés séparément alors que selon les interactions entre ces troubles et les anomalies squelettiques qu'ils entraînent sont responsables de la difficulté des traitements orthopédiques.

La plupart des études s'intéressant aux appareils à visée orthopédique s'attardent plus sur les effets squelettiques et dento-alvéolaires que sur les répercussions neuro-musculaires. Le manque de moyens réellement pratiques et fiables pour étudier les troubles fonctionnels de l'extrémité céphalique en est certainement la principale raison (51).

L'objectif du traitement par guide de croissance est de corriger les déséquilibres fonctionnels qui permettraient d'entraîner des corrections morphologiques, qui seraient stables à long terme car entretenues par les fonctions devenues physiologiques.

# Conclusion

Dans les traitements de classe II à visée orthopédique, une correction squelettique avec le moins d'effets dento-alvéolaires est recherchée. Les appareils existants fonctionnant par propulsion forcée entraînent fréquemment une vestibuloversion incisive mandibulaire compensatrice. Notre étude s'intéresse aux effets d'un mode de propulsion volontaire du patient sur cette compensation dento-alvéolaire.

Nous avons trouvé dans notre étude sur le guide de croissance une stabilité de l'angle IMPA sans différence statistiquement significative avec le groupe témoin traité par monobloc associé à une FEO.

D'après notre revue de littérature, les appareils permettant de limiter au maximum la vestibuloversion incisive mandibulaire, et provoquant même une linguoversion, sont les appareils s'appuyant sur des miniplaques d'ancrage squelettique. Cependant ils présentent les risques inhérents à toute chirurgie, nécessitent deux phases chirurgicales et sont par nature plus invasifs pour les patients.

La quasi-totalité des appareils existants fonctionnent selon un principe de propulsion mandibulaire forcée. Ces traitements entraînent une réponse musculaire réflexe de recul mandibulaire (8), qui peut s'exprimer une fois l'appareil retiré et peut être à l'origine de récurrence de la classe II (78)(79)(80)(81)(82)(85)(86).

Le traitement par guide de croissance est basé sur la propulsion volontaire, résultat d'une éducation du patient sur sa posture et sa cinématique mandibulaire. Cette approche fonctionnelle, plus difficile de prime abord car dépendant des compétences pédagogiques du praticien et des capacités cognitives et motrices du patient, serait gage de stabilité des résultats obtenus en constituant une contention naturelle du traitement par le patient lui-même. D'autres études sont nécessaires pour confirmer cette hypothèse sur long terme.

# Index des illustrations

<b>Figure 1.</b> Différents types d'angles fonctionnels masticateurs de Planas (AFMP) (Limme, 2006)	12
<b>Figure 2.</b> Meulages sélectifs en denture temporaire (Limme, 2006)	12
<b>Figure 3.</b> Pistes directes de classe II (Limme, 2006)	13
<b>Figure 4.</b> Activateur d'Andresen (Kolf, 2008)	14
<b>Figure 5.</b> Activateur de Lautrou avec FEO à charnière (Chiche-Uzan, 2009)	15
<b>Figure 6.</b> Vues exobuccales d'un activateur associé à une FEO (Chiche-Uzan, 2009)	15
<b>Figure 7.</b> Activateur de Herren (monobloc modifié) (Weiland, 1997)	15
<b>Figure 8.</b> Bionator de Balters (Landazuri, 2013)	16
<b>Figure 9.</b> Gebissformer de Bimler (Chiche-Uzan, 2009)	17
<b>Figure 10.</b> Régulateur de fonctions de Fränkel (Dunglas, 2002)	17
<b>Figure 11.</b> Régulateur de Frankel sur moulages (Patti, 2011)	18
<b>Figure 12.</b> Appareil de Bass (Illing, 1998)	18
<b>Figure 13.</b> Equiplan de Planas (Limme, 2006)	19
<b>Figure 14.</b> Bielles de Herbst amovibles	20
<b>Figure 15.</b> Bielles de Herbst avec gouttière mandibulaire amovible (Valant, 1989)	20
<b>Figure 16.</b> Bielle centrale de Martine-Tavernier sur plaques à pistes (Kolf, 2008)	21
<b>Figure 17.</b> Hyperpropulseur à « paravent » (Château, 1975)	21
<b>Figure 18.</b> « Trois-pièces » de Château (Kolf, 2006)	22
<b>Figure 19.</b> « Quatre-pièces » de Château (Kolf, 2006)	23
<b>Figure 20.</b> Twin-Block	23
<b>Figure 21.</b> Bite jumping appliance (Burhan, 2014)	24
<b>Figure 22.</b> PUL (Arbouin, 2017)	24
<b>Figure 23.</b> Appareil de Planas à pistes de rodage (Limme, 2006)	25
<b>Figure 24.</b> Inclinaison des pistes de rodage de Planas (Limme, 2006)	25
<b>Figure 25.</b> Appareil à pistes postérieures de propulsion mandibulaire (Limme, 2006)	26
<b>Figure 26.</b> Variante des plaques à pistes postérieures (Limme, 2006)	26
<b>Figure 27.</b> Elasto Osamu avec FEO	27
<b>Figure 28.</b> Elastic Bite Block avec FEO (Erverdi, 1995)	28
<b>Figure 29.</b> Activateur de Soulet-Besombes	28
<b>Figure 30.</b> Bielles de Herbst sur gouttières scellées (Prateek, 2017)	29
<b>Figure 31.</b> Bielles de Herbst scellées sur gouttières acryliques avec perforations cuspidiennes et recouvrement incisif mandibulaire (Prateek, 2017)	29
<b>Figure 32.</b> Herbst sur couronnes (crown Herbst) intégré à un appareil multiattache	29
<b>Figure 33.</b> Herbst sur bagues (banded Herbst) (Tomblyn, 2016)	30
<b>Figure 34.</b> Mandibular Protraction Appliance (MPA) (Prateek, 2017)	30
<b>Figure 35.</b> Mandibular Anterior Repositioning Appliance (MARA) (Jorgensen, 2016)	30
<b>Figure 36.</b> Fonctionnement du MARA (Gönner, 2007)	30
<b>Figure 37.</b> Ritto Appliance (Prateek, 2017)	31
<b>Figure 38.</b> IST-Appliance (Prateek, 2017)	31
<b>Figure 39.</b> Biopedic Appliance (Prateek, 2017)	31
<b>Figure 40.</b> Functional Orthopedic Magnetic Appliance (FOMA) (Bernhold, 1998)	31
<b>Figure 41.</b> Universal Bite Jumper	32
<b>Figure 42.</b> Ventral Telescope	32
<b>Figure 43.</b> Magnetic telescopic device	32

<b>Figure 44.</b> Cantilevered bite jumper.....	32
<b>Figure 45.</b> Crown Herbst modifié : le cantilever bite-jumper (Moro, 2009).....	32
<b>Figure 46.</b> Rick-A-Nator (Hammad, 2016).....	33
<b>Figure 47.</b> Jasper Jumper (Prateek, 2017).....	33
<b>Figure 48.</b> Churro Jumper (Prateek, 2017).....	34
<b>Figure 49.</b> Amoric Torsion Coils .....	34
<b>Figure 50.</b> Scandee Tubular Jumper.....	34
<b>Figure 51.</b> Klapper Super Spring (Prateek, 2017).....	34
<b>Figure 52.</b> Bite Fixer .....	34
<b>Figure 53.</b> Eureka Spring (Prateek, 2017).....	35
<b>Figure 54.</b> Forsus fatigue resistant device (Prateek, 2017) .....	35
<b>Figure 55.</b> Twin Force Bite Corrector (Chhibber, 2013).....	35
<b>Figure 56.</b> Alpern Class II Closers .....	35
<b>Figure 57.</b> Calibrated Force Module .....	36
<b>Figure 58.</b> Power Scope (Prateek, 2017).....	36
<b>Figure 59.</b> Advansync .....	36
<b>Figure 60.</b> Distal Active Concept (DAC).....	37
<b>Figure 61.</b> Représentation schématique de l'orientation du plan occlusal, divergent avec le plan de Camper dans les classes II (Raymond, 2018).....	37
<b>Figure 62.</b> Surélévation antérieure fixée (SEAF) (Raymond, 2018).....	38
<b>Figure 63.</b> Mécanisme d'action de la SEAF (Raymond, 2018).....	38
<b>Figure 64.</b> Forsus associé à des minivis (Aslan, 2014) .....	39
<b>Figure 65.</b> Minivis insérée entre la canine et la première prémolaire (Aslan, 2014) .....	39
<b>Figure 66.</b> Gouttières de Herbst en acrylique associées à des minivis mandibulaires (Manni, 2014) .....	40
<b>Figure 67.</b> Bielles de Herbst sur multiattache avec minivis mandibulaires (Bremen, 2015) .....	40
<b>Figure 68.</b> Ajustement des miniplaques dans la symphyse et application du forsus à ancrage squelettique (Celikoglu 2014) .....	41
<b>Figure 69.</b> Miniplaques insérées au niveau du maxillaire et de la mandibule (Ozbilek, 2017).....	41
<b>Figure 70.</b> Vues endobuccales des élastiques de classe II sur miniplaques d'ancrage squelettique (Ozbilek, 2017) .....	42
<b>Figure 71.</b> Miniplaques d'ancrage squelettique (Al-Dumaini 2018).....	42
<b>Figure 72.</b> Tractions élastiques sur miniplaques d'ancrage osseux (Al-Dumaini 2018).....	43
<b>Figure 73.</b> Test condylien de Château (Kolf, 2008) .....	44
<b>Figure 74.</b> Mécanisme d'action de l'écran lingual provoquant une stimulation « sensorielle » (Patti, 2011) .....	46
<b>Figure 75.</b> Torque actif corono-lingual .....	49
<b>Figure 76.</b> Arcs de base associés à un activateur (Cannoni, 1999) .....	49
<b>Figure 77.</b> Association de bielles de Herbst et d'un appareil multiattache lingual fixe (Vu, 2012) .....	50
<b>Figure 78.</b> Twin-Block avec dispositifs de contrôle de torque par Southend clasp (Trenouth, 2012) .....	50
<b>Figure 79.</b> Vue occlusale mandibulaire du Twin-block (Toth, 1999) .....	51
<b>Figure 80.</b> Appareil de Herbst sur gouttières acryliques avec recouvrement incisif mandibulaire (Franchi, 1999).....	51
<b>Figure 81.</b> Twin-Block avec arc acrylique en vestibulaire des incisives mandibulaires (Mills 1998) .....	51
<b>Figure 82.</b> Bielles de Herbst sur attelles coulées (El-Fateh 2011).....	52
<b>Figure 83.</b> Bielles de Herbst sur bagues (Weschler, 2005) .....	52

<b>Figure 84.</b> Schématisation des effets de l'activateur monobloc (Teuscher, 1978) (36) .....	54
<b>Figure 85.</b> Activateur monobloc associé à une FEO (Chiche-Uzan, 2009) .....	54
<b>Figure 86.</b> Bielles de Herbst fixes associées à une FEO la nuit (Wieslander, 1993 et 1984).....	54
<b>Figure 87.</b> Activateur d'Andresen construit avec des ailettes latérales profondes (Chiche-Uzan, 2009) .....	55
<b>Figure 88.</b> Tracé de l'angle IMPA (Tweed, 1966) .....	56
<b>Figure 89.</b> Vue endobuccale d'un patient en cours de traitement par G2C, sans appui sur les cales (document Dr Valero) .....	62
<b>Figure 90.</b> Tige de croissance (document Dr Valero) .....	63
<b>Figure 91.</b> Guide de croissance (G2C) (document Dr Valero).....	63
<b>Figure 92.</b> Pistes de rodage de Planas en bouche (Limme, 2006).....	66
<b>Figure 93.</b> Inclinaison antéro-supérieure des pistes du guide de croissance (document Dr Valero).....	68
<b>Figure 94.</b> Guide de croissance sur moulages montés sur articulateur (document Dr C. Valero)...	68
<b>Figure 95.</b> Guide de croissance associé à des bielles contre résistance (document Dr Valero) .....	70
<b>Figure 96.</b> Tracés des angles utilisés (Tweed, 1966).....	72

## Index des tableaux

<b>Tableau 1.</b> Données descriptives initiales des patients inclus à T1 .....	74
<b>Tableau 2.</b> Comparaison des valeurs céphalométriques initiales à T1 .....	74
<b>Tableau 3.</b> Comparaison des changements observés dans chaque groupe (T1 à T2).....	75
<b>Tableau 4.</b> Comparaison des changements obtenus par G2C et par monobloc associé à une FEO (T1 à T2) .....	75

# Bibliographie

1. Izard J. Orthodontie. La pratique stomatologique. Collection Chompret. Paris : Masson ;1950.
2. Angle EH. Classification of malocclusion. Dental Cosmos 1899;41(2):248–64.
3. Proffit WR, Fields HW Jr, Moray LJ. Prevalence of malocclusion and orthodontic treatment need in the United States: estimates from the NHANES III survey. Int J Adult Orthodon Orthognath Surg. 1998;13:97–106.
4. Le Guedard-Girault I, Bedhet N, Manière-Ezvan A. Proposition d'une classification des classes II division 1, contribution de l'analyse de Delaire. Orthod Fr. 2000;71(4):267-276.
5. Stahl F, Baccetti T, Franchi L, McNamara Jr JA. Longitudinal growth changes in untreated subjects with class II, division 1 malocclusion. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2008;134(1):125–37.
6. McNamara Jr JA. Components of class II malocclusion in children 8–10 years of age. Angle Orthod 1981;51(3):177–202.
7. Jacob HB, Buschang PH. Mandibular growth comparisons of class I and class II division 1 skeletofacial patterns. Angle Orthod 2014;84(5):755–61.
8. Aggarwal P, Kharbanda OP, Mathur R, Duggal R, Parkash H. Muscle response to the twin-block appliance: an electromyographic study of the masseter and anterior temporal muscles. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1999;116(4):405-14.
9. Lautrou A. Effets de la version des incisives dans le traitement de la classe II division 1, par activateur monobloc rigide associé à une force extra-orale : possibilités de contrôle. Rev Orthop Dento Faciale. 2003;37:377-93.
10. Lautrou A, Salvadori A. Croissance et thérapeutique orthopédie ou orthodontie : que choisir ? Orthod Fr. 2000;71(4):325-34.
11. Kolf J. Les classes II division 1. Historique et évolution des concepts. EMC Odontologie/Orthopédie dentofaciale, 23-472-E-10, 2006, Médecine buccale, 28-620-M-10, 2008.
12. Couly G. La tête humaine, système cognitif et de communication; applications pratiques. Rev Stomatol Chir Maxillofac. 1977;78:231-40.
13. Kolf J. Le traitement fonctionnel des rétromandibulies. Rev ODF. 1991;25(4):401-16.
14. Delaire J, Chateau JP. Comment le septum nasal influence-t-il la croissance prémaxillaire et maxillaire? Déduction en chirurgie des fentes labio-maxillaires. Rev Stomatol Chir Maxillofac. 1977;78:241-54.
15. Delaire J, Dalagnac JM, Notari J. Diagnostic des dysmorphoses dento-maxillo-faciales. Apports de l'analyse architecturale informatisée. Actual Odontostomatol Paris. 1994;187:479-511.
16. Deffez JP, Fellus P, Gérard P. Rééducation de la déglutition salivaire. Paris:CDP;1995.
17. Ballard CF. Some basis for aetiology and diagnosis in orthodontics. Dent Rec. 1948:133-45.
18. Darqué J. La classe II, division 2. Rev Orthop Dento Fac. 1974;8:5-7.
19. Frapier L, Massif L, Gonzales J, Canal P. Classe II division 2. EMC Odonto/Orthop

- dentofac. 2010. 23-472-E-50.
20. Bouvet JM. Les inclinaisons des premières molaires permanentes supérieures dans le sens vestibulolongual. *Rev Stomatol Chir Maxillofac.* 1967;68:373-9.
  21. Delaire J, Salagnac JM. Les classes II, aspects thérapeutiques et pratiques. Cours du collège des médecins stomatologistes et maxillofaciaux de France. 1997.
  22. Boileau MJ. Orthodontie de l'enfant et du jeune adulte - Principes et moyens thérapeutiques (Tome 1). Issy-les-Moulineaux, France : Elsevier Masson, 2011. 280 p.
  23. Talmant J, Deniaud J. Ventilation nasale et récursive. *Orthod Fr.* 2000;71:127-141.
  24. Beaugrand-Coutière A. Classes II et croissance : Attitudes préventive et interceptive [Thèse de Doctorat]. Paris, France : Université René Descartes (Paris V) ; 2004.
  25. OMS - Organisation Mondiale de la Santé. Protection, encouragement et soutien de l'allaitement maternel. Le rôle spécial des services liés à la maternité. O.M.S. Genève, 1989.
  26. Planas P. La réhabilitation neuro-occlusale. Paris : Masson ; 1992.
  27. Bu'Lock F, Woolridge MW, Baum JD. Development of co-ordination of sucking, swallowing and breathing: ultrasound study of term and preterm infants. *Dev Med Child Neurol.* 1990;32(8):669-78.
  28. Legović M, Ostrić L. The effects of feeding methods on the growth of the jaws in infants. *ASDC J Dent Child.* 1991;58(3):253-5.
  29. Limme M. L'interception en denture temporaire : mastication et réhabilitation neuro-occlusale. *Orthod Fr.* 2006;77(1):113-35.
  30. Xherveille M. Effets des meulages sélectifs en denture lactéale sur la fonction masticatoire. Etude à l'aide du Sirognatograph. [Travail de fin d'étude]. Liège, Belgique : Univ ; 2000.
  31. Gribel MN, Gribel BF. Planas direct tracks in young patients with Class II malocclusion. *World J Orthod.* 2005;6(4):355-68.
  32. Dunglas C, Lautrou A. Orthopédie fonctionnelle. Activateurs de croissance. *Encycl Méd Chir, Odontologie/Orthopédie dentofaciale* [Article 23-494-A-10], 2002, 8 p.
  33. Lautrou A. Le mode d'action des activateurs dans le traitement des malocclusions de la classe II : proposition d'une classification des activateurs. *Rev Orthop Dentofac.* 1994;28:85-113.
  34. Chiche-Uzan L, Legall M, Salvadori A. Appareils amovibles à action orthopédique et à action orthodontique. *EMC Odontologie*, 23-493-A-10, 2009, Médecine buccale, 28-852-C-10, 2009.
  35. Weiland FJ, Ingervall B, Bantleon HP, Droacht H. Initial effects of treatment of Class II malocclusion with the Herren activator, activator-headgear combination, and Jasper Jumper. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1997;112(1):19-27.
  36. Bimler HP. On functional appliances. *J Clin Orthod.* 1983;17:39-49.
  37. Bimler HP. Activateurs fonctionnels élastiques. *Orthod Fr.* 1953;24:169-72.
  38. Teuscher U. A growth-related concept for skeletal class II treatment. *Am J Orthod.* 1978;74(3):258-75.
  39. Patti A. Traitement des classes II - De la prévention à la chirurgie. Galluis, France : Quintessence International, 2011. 498 p.

40. Illing HM, Morris DO, Lee RT. A prospective evaluation of Bass, Bionator and Twin Block appliances. Part I-The hard tissues. *Eur J Orthod.* 1998;20(5):501-16.
41. Pirson R. Mise en évidence des effets dento-squelettiques de l'Equiplan et du Planas pistes postérieures selon le stade de croissance, par analyse céphalométrique de téléradiographies de profil [Mémoire de Spécialisation en ODF]. Liège,Belgique:Univ;2002.
42. Valant JR, Sinclair PM. Treatment effects of the Herbst appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1989;95(2):138-47.
43. Martine G. Traitement des rétrognathies mandibulaires. Butée télescopique à rotule Tavernier-Martine. *Orthod Fr.* 1962;33:323-6.
44. Chateau M, Le Gall Y. Appareillages amovibles pour Classes II. *Rev Orthop Dento Faciale.* 1975;9(2):129-142.
45. Château M. Orthopédie dento-faciale clinique : diagnostic et traitement. Tome 2. Paris : Julien Prélat ; 1965. p. 209-21.
46. Soulet A. La dysfonction labiale : du bon usage du 4 pièces de Château. *Rev ODF.* 1991;25:419-32.
47. Burhan AS, Nawaya FR. Dentoskeletal effects of the Bite-Jumping Appliance and the Twin-Block Appliance in the treatment of skeletal Class II malocclusion: a randomized controlled trial. *Eur J Orthod.* 2015;37(3):330-7.
48. Arbouin G. Le Propulseur Universel Light® dans le traitement des classes II squelettiques, concept et illustrations cliniques [Thèse de Doctorat]. Nantes, France : Université de Nantes ; 2017.
49. Renaud P. Etude des modifications morphologiques : orthopédiques, orthodontiques et fonctionnelles par élastodontie. *Orthod Bioprogr.* 1997;4:5-13.
50. Erverdi N, Ozkan G. A cephalometric investigation of the effects of the Elastic Bite-block in the treatment of Class II division 1 malocclusions. *Eur J Orthod.* 1995;17(5):375-84.
51. Pelosse JJ, Raberin M. Pathologies et thérapeutiques de la dimension sagittale en denture mixte. Incidences sur l'équilibre musculaire. *Orthod Fr.* 2001;72(1-2):155-94.
52. Soulet R, Langlade M, Picaud M. Cephalometric study of 20 cases treated exclusively by means of the Soulet-Besombes activators. *Orthod Fr.* 1969;40:355-73.
53. Pancherz H. Treatment of class II malocclusions by jumping the bite with the Herbst appliance. A cephalometric investigation. *American Journal of Orthodontics.* 1979;76:423–442.
54. Prateek, Shami, Sandhya J. Fixed functional appliances: An overview. *International Journal of Current Research.*2017;9(03):47407-47414.
55. Ritto A. Fixed functional appliances—a classification. *The Functional Orthodontist.* 2001;17:12 -30,32.
56. Tomblyn T, Rogers M, Andrews L, Martin C, et al. Cephalometric study of Class II Division 1 patients treated with an extended-duration, reinforced, banded Herbst appliance followed by fixed appliances. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2016;150(5):818-830.
57. Moro A, Janson G, de Freitas MR, Henriques JF, Petrelli NE, Lauris JP. Class II correction with the Cantilever Bite Jumper. *Angle Orthod.* 2009;79(2):221-9.
58. Rondeau B. The Rick-A-Nator Appliance. *Functional Orthodontist.* 1990;7(4).
59. Hammad SM, Ahmed SM, Hafez AM. Skeletal and dento-alveolar effects of the Rick-A-

- Nator appliance in early stage correction of class II malocclusion. *J Dent Oral Care*. 2016;2(3):1- 8.
60. Chhibber A, Upadhyay M, Uribe F, Nanda R. Mechanism of Class II correction in prepubertal and postpubertal patients with Twin Force Bite Corrector. *Angle Orthod*. 2013;83(4):718-27.
  61. Aknin JJ, Gebeile S. La thérapeutique du «Distal Active Concept» appliquée à la denture mixte : une étude comparative. *Orthod Fr*. 2001;72(4):355-373.
  62. Raymond JL. Traitement orthodontique à visée fonctionnelle ou approche systémique du traitement des classes II/1 sévères : un dispositif adapté, la SEAF. *Rev Orthop Dento Fac*. 2018;52:183-195.
  63. Aslan BI, Kucukkaraca E, Turkoz C, Dincer M. Treatment effects of the Forsus Fatigue Resistant Device used with miniscrew anchorage. *Angle Orthod*. 2014;84(1):76-87.
  64. Manni A, Pasini M, Mazzotta L, Mutinelli S, Nuzzo C, Grassi FR, Cozzani M. Comparison between an Acrylic Splint Herbst and an Acrylic Splint Miniscrew-Herbst for Mandibular Incisors Proclination Control. *Int J Dent*. 2014;2014:173187.
  65. Bremen Jv, Ludwig B, Ruf S. Anchorage loss due to Herbst mechanics-preventable through miniscrews? *Eur J Orthod*. 2015;37(5):462-6.
  66. Unal T, Celikoglu M, Candirli C. Evaluation of the effects of skeletal anchored Forsus FRD using miniplates inserted on mandibular symphysis: a new approach for the treatment of Class II malocclusion. *Angle Orthod*. 2015;85:413-9.
  67. Celikoglu M, Unal T, Bayram M, Candirli C. Treatment of a skeletal Class II malocclusion using fixed functional appliance with miniplate anchorage. *Eur J Dent*. 2014;8(2):276-80.
  68. Celikoglu M, Buyuk SK, Ekizer A, Unal T. Treatment effects of skeletally anchored Forsus FRD EZ and Herbst appliances: a retrospective clinical study. *Angle Orthod*. 2016;86:306-14.
  69. 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.
  70. 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.
  71. Simon Y, Chabre C, Lautrou A. Activateurs orthopédiques de croissance et malocclusion de classe II. *Orthod Fr*. 2006;77(1):151-62.
  72. Pfeiffer JP, Grobéty D. The class II malocclusion: differential diagnosis and clinical application of activators, extraoral traction, and fixed appliances. *Am J Orthod*. 1975;68(5):499-544.
  73. Balters W. Représentation figurative du “Bionator”, son action lors du redressement fonctionnel de l’espace buccal. *Rev Fr Odontostomatol*. 1964;11:191-211.
  74. Fränkel R. The treatment of Class II, Division 1 malocclusion with functional correctors. *Am J Orthod*. 1969;55(3):265-75.
  75. Fränkel R. The guidance of eruption without extraction. *Trans Eur Orthod Soc*. 1971:303-15.
  76. Chabre C. Vertical control with a Headgear-activator combination. *J Clin Orthod*. 1990;24:618-624.

77. Lautrou A. Les appareils orthodontiques fonctionnels, outils biomécaniques de l'orthopédie dento-faciale chez le patient en cours de croissance. *Orthod Fr.* 1993;64:148-152.
78. Fränkel R, Fränkel C. A functional approach to treatment of skeletal open bite. *Am J Orthod.* 1983;84(1):54-68.
79. DeVincenzo JP. Changes in mandibular length before, during, and after successful orthopedic correction of Class II malocclusions, using a functional appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1991;99(3):241-57.
80. Pancherz H, Fackel U. The skeletofacial growth pattern pre- and post-dentofacial orthopedics. A long term study of Class II malocclusions treated with the Herbst appliance. *Eur J Orthod.* 1990;12:209-18.
81. Pancherz H, Anehus-Pancherz M. The headgear effect of Herbst appliance: a cephalometric long-term study. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1993;103:510-20.
82. Wieslander L. Long-term effect of treatment with the headgear-Herbst appliance in the early mixed dentition. Stability or relapse? *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1993;104(4):319-29.
83. Perillo L, Castaldo MI, Cannavale R, Longobardi A, Grassia V, Rullo R, Chiodini P. Evaluation of long-term effects in patients treated with Fränkel-2 appliance. *Eur J Paediatr Dent.* 2011;12(4):261-6.
84. Freeman DC, McNamara JA Jr, Baccetti T, Franchi L, Fränkel C. Long-term treatment effects of the FR-2 appliance of Fränkel. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009;135(5):570.
85. Johnston LE Jr. Growth and the Class II patients: rendering unto Caesar. *Seminars in Orthodontics.* 1998;4(1):59-62.
86. Simon Y. Can mandibular growth be stimulated? *International Orthodontics.* 2005;3:307-27.
87. Fränkel R. L'orthopédie dento-maxillo-faciale, l'orthodontie et la théorie de Roux sur l'adaptation fonctionnelle. *Rev Orthop Dentofac.* 1997;31:169-182.
88. Simoes WA, Petrovic A, Stutzmann J. Modus operandi of Planas' Appliance. *J Clin Pediatr Dent.* 1992;16(2):79-85.
89. Hayat M. Le contrôle de la position de l'incisive mandibulaire dans les traitements orthodontiques des classes II par tractions intermaxillaires [Thèse de Doctorat]. Nice, France : Université de Nice Sophia Antipolis ; 2016.
90. Cannoni P, Salvadori A. Traitement précoce des classes II, division 2. *Rev Ortho Dento Fac.* 1999;33:537-555.
91. Wiechmann D, Schwestka-Polly R, Pancherz H, Hohoff A. Control of mandibular incisors with the combined Herbst and completely customized lingual appliance—a pilot study. *Head Face Med.* 2010;6:3.
92. Vu J, Pancherz H, Schwestka-Polly R, Wiechmann D. Correction of Class II, Division 2 malocclusions using a completely customized lingual appliance and the Herbst device. *J Orofac Orthop.* 2012;73(3):225-35.
93. Franchi L, Baccetti T, McNamara JA Jr. Treatment and posttreatment effects of acrylic splint Herbst appliance therapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999;115(4):429-38.
94. Flores-Mir C, Ayeh A, Goswami A, Charkhandeh S. Skeletal and dental changes in Class II division 1 malocclusions treated with splint-type Herbst appliances. A systematic review.

- Angle Orthod. 2007;77(2):376-81.
95. van der Plas MC, Janssen KI, Pandis N, Livas C. Twin Block appliance with acrylic capping does not have a significant inhibitory effect on lower incisor proclination. *Angle Orthod.* 2017;87(4):513-518.
  96. Toth LR, McNamara JA Jr. Treatment effects produced by the twin-block appliance and the FR-2 appliance of Frankel compared with an untreated Class II sample. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999;116:597-609.
  97. Mills CM, McCulloch KJ. Treatment effects of the twin block appliance: a cephalometric study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998;114(1):15-24.
  98. Thurow RC. Craniomaxillary orthopedic correction with en masse dental control. *Am J Orthod.* 1975;68(6):601-24.
  99. El-Fateh T, Ruf S. Herbst treatment with mandibular cast splints--revisited. *Angle Orthod.* 2011;81(5):820-7.
  100. von Bremen J, Pancherz H, Ruf S. Reduced mandibular cast splints an alternative in Herbst therapy? A prospective multicentre study. *Eur J Orthod.* 2007;29(6):609-13.
  101. Weschler D, Pancherz H. Efficiency of three mandibular anchorage forms in Herbst treatment: a cephalometric investigation. *Angle Orthod.* 2005;75(1):23-7.
  102. Deblock L, Becker A. The potentiality of antero-posterior orthodontic extraoral traction: clinical and cephalometric results. *Orthod Fr.* 1992;63(2):381-93.
  103. Cura N, Sarac M, Oztürk Y, Sürmeli N. Orthodontic and orthopedic effects of Activator, Activator-HG combination, and Bass appliances: a comparative study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1996;110(1):36-45.
  104. Oztürk Y, Tankuter N. Class II: a comparison of activator and activator headgear combination appliances. *Eur J Orthod.* 1994;16(2):149-57.
  105. Dermaut LR, van den Eynde F, de Pauw G. Skeletal and dento-alveolar changes as a result of headgear activator therapy related to different vertical growth patterns. *Eur J Orthod.* 1992;14(2):140-6.
  106. Wieslander L. Intensive treatment of severe Class II malocclusions with a headgear-Herbst appliance in the early mixed dentition. *Am J Orthod.* 1984;86(1):1-13.
  107. Salvadori A, Cannoni P. Utilisation et construction de l'activateur d'Andresen. *Rev Orthop Dento Faciale.* 1991;25:489-96.
  108. Malmgren O, Omblus J. Treatment with an orthopaedic appliance system. *Eur J Orthod.* 1985;7(3):205-14.
  109. Banks P, Wright J, O'Brien K. Incremental versus maximum bite advancement during twin-block therapy: a randomized controlled clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2004;126(5):583-8.
  110. Gill DS, Lee RT. Prospective clinical trial comparing the effects of conventional Twin-block and mini-block appliances: Part 1. Hard tissue changes. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2005;127(4):465-72.
  111. DeVincenzo JP, Winn MW. Orthopedic and orthodontic effects resulting from the use of a functional appliance with different amounts of protrusive activation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1989;96(3):181-90.
  112. Du X, Hägg U, Rabie AB. Effects of headgear Herbst and mandibular step-by-step

- advancement versus conventional Herbst appliance and maximal jumping of the mandible. *Eur J Orthod.* 2002;24(2):167-74.
113. Valero C. Bielles de Herbst : Revue de littérature et étude clinique des effets squelettiques et dento-alvéolaires [Thèse de Doctorat]. Lyon, France : Université Claude Bernard ; 2012.
  114. Tweed CH. *Clinical Orthodontics*, vol. 1. St Louis : The C. V. Mosby Company, 1966. 946 p.
  115. Marsico E, Gatto E, Burrascano M, Matarese G, Cordasco G. Effectiveness of orthodontic treatment with functional appliances on mandibular growth in the short term. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011;139:24-36.
  116. Rodrigues de Almeida M, Castanha Henriques JF, Rodrigues de Almeida R, Ursi W. Treatment effects produced by Frankel appliance in patients with class II, division 1 malocclusion. *Angle Orthod.* 2002;72:418-25.
  117. Ruf S, Baltromejus S, Pancherz H. Effective condylar growth and chin position changes in activator treatment: a cephalometric roentgenographic study. *Angle Orthod.* 2001;71:4-11.
  118. Serbesis-Tsarudis C, Pancherz H. “Effective” TMJ and chin position changes in Class II treatment. *Angle Orthod.* 2008;78:813-8.
  119. Creekmore TD, Radney LJ. Frankel appliance therapy: orthopedic or orthodontic? *Am J Orthod.* 1983;83:89-108.
  120. Gianelly AA, Brosnan P, Martignoni M, Bernstein L. Mandibular growth, condyle position and Frankel appliance therapy. *Angle Orthod.* 1983;53:131-42.
  121. Koretsi V, Zymperdikas VF, Papageorgiou SN, Papadopoulos MA. Treatment effects of removable functional appliances in patients with Class II malocclusion: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Orthod.* 2015;37:418-34.
  122. Robertson NR. An examination of treatment changes in children treated with the function regulator of Frankel. *Am J Orthod.* 1983;83:299-310.
  123. Vaid N.R, Doshi V.M, Vandekar M.J. Class II treatment with functional appliances: a meta-analysis of short-term treatment effects. *Seminars in Orthodontics.* 2014;20:324–338.
  124. Pancherz H, Hansen K. Occlusal changes during and after Herbst treatment: a cephalometric investigation. *Eur J Orthod.* 1986;8(4):215-28.
  125. Baccetti T, Franchi L, et al. Comparison of 2 comprehensive Class II treatment protocols including the bonded Herbst and headgear appliances: a double-blind study of consecutively treated patients at puberty. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2009;135(6):698.
  126. Windmiller EC. The acrylic-splint Herbst appliance: a cephalometric evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1993;104(1):73-84.
  127. Lai M, McNamara JA Jr. An evaluation of two-phase treatment with the Herbst appliance and preadjusted edgewise therapy. *Semin Orthod.* 1998;4(1):46-58.
  128. Almeida-Pedrin RR, Almeida MR, Almeida RR, Pinzan A, Ferreira FP. Treatment effects of headgear biteplane and bionator appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007;132(2):191-8.
  129. Basciftci FA, Uysal T, Büyükerkmen A, Sari Z. The effects of activator treatment on the craniofacial structures of Class II division 1 patients. *Eur J Orthod.* 2003;25(1):87-93.
  130. Cozza P, De Toffol L, Iacopini L. An analysis of the corrective contribution in activator treatment. *Angle Orthod.* 2004;74(6):741-8.

131. Marşan G. Effects of activator and high-pull headgear combination therapy: skeletal, dentoalveolar, and soft tissue profile changes. *Eur J Orthod.* 2007;29(2):140-8.
132. Tümer N, Gültan AS. Comparison of the effects of monoblock and twin-block appliances on the skeletal and dentoalveolar structures. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999;116(4):460-8.
133. Giuntini V, Vangelisti A, Masucci C, Defraia E, McNamara JA Jr, Franchi L. Treatment effects produced by the Twin-block appliance vs the Forsus Fatigue Resistant Device in growing Class II patients. *Angle Orthod.* 2015;85(5):784-9.
134. Schaefer AT, McNamara JA Jr, Franchi L, Baccetti T. A cephalometric comparison of treatment with the Twin-block and stainless steel crown Herbst appliances followed by fixed appliance therapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2004;126(1):7-15.
135. Saikoski LZ, Cançado RH, Valarelli FP, de Freitas KM. Dentoskeletal effects of Class II malocclusion treatment with the Twin Block appliance in a Brazilian sample: a prospective study. *Dental Press J Orthod.* 2014;19(1):36-45.
136. Lund DI, Sandler PJ. The effects of Twin Blocks: a prospective controlled study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998;113(1):104-10.
137. Martina R, Cioffi I, Galeotti A, Tagliaferri R, Cimino R, Michelotti A, et al. Efficacy of the Sander bite-jumping appliance in growing patients with mandibular retrusion: a randomized controlled trial. *Orthod Craniofac Res.* 2013;16(2):116-26.
138. Malta LA, Baccetti T, Franchi L, Faltin K Jr, McNamara JA Jr. Long-term dentoskeletal effects and facial profile changes induced by bionator therapy. *Angle Orthod.* 2010;80(1):10-7.
139. Martins RP, da Rosa Martins JC, Martins LP, Buschang PH. Skeletal and dental components of Class II correction with the bionator and removable headgear splint appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008;134(6):732-41.
140. Almeida MR, Henriques JF, Almeida RR, Almeida-Pedrin RR, Ursi W. Treatment effects produced by the Bionator appliance. Comparison with an untreated Class II sample. *Eur J Orthod.* 2004;26(1):65-72.
141. Angelieri F, Franchi L, Cevidanes LH, Scanavini MA, McNamara JA Jr. Long-term treatment effects of the FR-2 appliance: a prospective evaluation 7 years post-treatment. *Eur J Orthod.* 2014;36(2):192-9.
142. Silvestrini-Biavati A, Alberti G, Silvestrini Biavati F, Signori A, Castaldo A, Migliorati M. Early functional treatment in Class II division 1 subjects with mandibular retrognathia using Fränkel II appliance. A prospective controlled study. *Eur J Paediat.*
143. Perillo L, Femiano A, Palumbo S, Contardo L, Perinetti G. Skeletal and dental effects produced by functional regulator-2 in pre-pubertal class II patients: a controlled study. *Prog Orthod.* 2013;14:18.
144. Perinetti G, Primožic J, Furlani G, Franchi L, Contardo L. Treatment effects of fixed functional appliances alone or in combination with multibracket appliances: a systematic review and meta-analysis. *Angle Orthod.* 2015;85:480-92.
145. Zymperdikas VF, Koretsi V, Papageorgiou SN, Papadopoulos MA. Treatment effects of fixed functional appliances in patients with Class II malocclusion: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Orthod.* 2016;38:113-26.
146. Ishaq RA, AlHammadi MS, Fayed MM, El-Ezz AA, Mostafa Y. Fixed functional appliances with multibracket appliances have no skeletal effect on the mandible: a

- systematic review and meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2016;149:612-24.
147. Elkordy SA, Aboelnaga AA, Fayed MM, AboulFotouh MH, Abouelezz AM. Can the use of skeletal anchors in conjunction with fixed functional appliances promote skeletal changes? A systematic review and meta-analysis. *Eur J Orthod.* 2016;38(5):532-45.
  148. Aknin JJ, Gebeile-Chauty S. Traitement précoce des classes II en thérapeutique «Distal Active Concept». Stabilité à 30 mois de la croissance squelettique et de la longueur d'arcade. *Orthod Fr.* 2006;77(3):359-69.
  149. Cacciatore G, Ghislanzoni LT, Alvetro L, Giuntini V, Franchi L. Treatment and posttreatment effects induced by the forsus appliance: a controlled clinical study. *Angle Orthod.* 2014;84:1010-7.
  150. Franchi L, Alvetro L, Giuntini V, Masucci C, Defraia E, Baccetti T. Effectiveness of comprehensive fixed appliance treatment used with the Forsus Fatigue Resistant Device in Class II patients. *Angle Orthod.* 2011;81(4):678-83.
  151. Oztoprak MO, Nalbantgil D, Uyanlar A, Arun T. A cephalometric comparative study of class II correction with Sabbagh Universal Spring (SUS(2)) and Forsus FRD appliances. *Eur J Dent.* 2012;6(3):302-10.
  152. Heinrichs DA, Shammaa I, Martin C, Razmus T, Gunel E, Ngan P. Treatment effects of a fixed intermaxillary device to correct class II malocclusions in growing patients. *Prog Orthod.* 2014;15:45.
  153. Heinig N, Göz G. Clinical application and effects of the Forsus spring. A study of a new Herbst hybrid. *J Orofac Orthop.* 2001;62(6):436-50.
  154. Cozza P, Baccetti T, Franchi L, De Toffol L, McNamara JA Jr. Mandibular changes produced by functional appliances in Class II malocclusion: a systematic review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006;129:599.
  155. Darda M. A cephalometric comparison of the dentoskeletal changes in class II malocclusion by using Jasper jumper and Forsus-A clinical study. *Int J Contemp Dent.* 2010;1: 79-86.
  156. Kucukkeles N, Ilhan I, Orgun IA. Treatment efficiency in skeletal Class II patients treated with the jasper jumper. *Angle Orthod.* 2007;77:449-56.
  157. Küçükkeleş N, Ilhan I, Orgun IA. Treatment efficiency in skeletal Class II patients treated with the jasper jumper. *Angle Orthod.* 2007;77(3):449-56.
  158. Jakobsone G, Latkauskiene D, McNamara JA Jr. Mechanisms of Class II correction induced by the crown Herbst appliance as a single-phase Class II therapy: 1 year follow-up. *Prog Orthod.* 2013;14:27.
  159. Latkauskiene D, Jakobsone G. Immediate post-treatment crowned Herbst effects in growing patients. *Stomatologija.* 2012;14(3):89-92.
  160. de Almeida MR, Henriques JF, de Almeida RR, Weber U, McNamara JA Jr. Short-term treatment effects produced by the Herbst appliance in the mixed dentition. *Angle Orthod.* 2005;75:540–547.
  161. Wigal TG, Dischinger T, Martin C, Razmus T, Gunel E, Ngan P. Stability of Class II treatment with an edgewise crowned Herbst appliance in the early mixed dentition: Skeletal and dental changes. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011;140(2):210-23.
  162. Manni A, Pasini M, Mauro C. Comparison between Herbst appliances with or without miniscrew anchorage. *Dent Res J (Isfahan).* 2012;9(Suppl 2):S216-21.
  163. Ruf S, Hansen K, Pancherz H. Does orthodontic proclination of lower incisors in children

- and adolescents cause gingival recession? *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998;114(1):100-6.
164. Hansen K, Koutsonas TG, Pancherz H. Long-term effects of Herbst treatment on the mandibular incisor segment: a cephalometric and biometric investigation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1997;112(1):92-103.
  165. Cacciatore G, Alvetro L, Defraia E, Ghislanzoni L.T, Franchi L. Active-treatment effects of the Forsus fatigue resistant device during comprehensive Class II correction in growing patients. *Korean Journal of Orthodontics.* 2014;44:136–142.
  166. Turkkahraman H, Eliacik SK, Findik Y. Effects of miniplat anchored and conventional Forsus Fatigue Resistant Devices in the treatment of Class II malocclusion. *Angle Orthod.* 2016;86(6):1026-1032.
  167. Pangrazio MN, Pangrazio-Kulbersh V, Berger JL, Bayirli B, Movahhedian A. Treatment effects of the mandibular anterior repositioning appliance in patients with Class II skeletal malocclusions. *Angle Orthod.* 2012;82(6):971-7.
  168. Al-Jewair TS, Preston CB, Moll EM, Dischinger T. A comparison of the MARA and the AdvanSync functional appliances in the treatment of Class II malocclusion. *Angle Orthod.* 2012;82(5):907-14.
  169. Ghislanzoni LT, Toll DE, Defraia E, Baccetti T, Franchi L. Treatment and posttreatment outcomes induced by the Mandibular Advancement Repositioning Appliance; a controlled clinical study. *Angle Orthod.* 2011;81(4):684-91.
  170. de Oliveira JN Jr, Rodrigues de Almeida R, Rodrigues de Almeida M, de Oliveira JN. Dentoskeletal changes induced by the Jasper jumper and cervical headgear appliances followed by fixed orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2007;132(1):54-62.
  171. Bassarelli T, Franchi L, Defraia E, Melsen B. Dentoskeletal effects produced by a Jasper Jumper with an anterior bite plane. *Angle Orthod.* 2016;86(5):775-81.
  172. Covell DA Jr, Trammell DW, Boero RP, West R. A cephalometric study of class II Division 1 malocclusions treated with the Jasper Jumper appliance. *Angle Orthod.* 1999;69(4):311-20.
  173. Graber TM, Rakosi T, Petrovic AG. *Dentofacial orthopedics with functional appliances.* Mosby, St Louis; 1997.
  174. D’Antò V, Bucci R, Franchi L, Rongo R, Michelotti A, Martina R. Class II functional orthopaedic treatment: a systematic review of systematic reviews. *J Oral Rehabil.* 2015;42(8):624-42.
  175. Zelderloo A, Cadenas de Llano-Pérula M, Verdonck A, Fieuws S, Willems G. Cephalometric appraisal of Class II treatment effects after functional and fixed appliances: a retrospective study. *Eur J Orthod.* 2017;39(3):334-341.
  176. Ehsani S, Nebbe B, Normando D, Lagravere MO, Flores-Mir C. Short-term treatment effects produced by the Twin-block appliance: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Orthod.* 2015; 37:170-6.
  177. Luzi C, Luzi V, Carletti P, Melsen B. The miniscrew Herbst. *J Clin Orthod.* 2012;46(7):399-405.
  178. Luzi C, Luzi V. Skeletal Class II treatment with the miniscrew-anchored Herbst. *Orthod Fr.* 2013;84(4):307-18.
  179. Elkordy SA, Abouelezz AM, Fayed MM, Attia KH, Ishaq RA, Mostafa YA. Three-dimensional effects of the mini-implant-anchored Forsus Fatigue Resistant Device: A

- randomized controlled trial. *Angle Orthod.* 2016;86(2):292-305.
180. Aboulazm K. Evaluation of the efficacy of fixed functional appliance supported with skeletal anchorage system for treatment of developing Class II malocclusion [PhD Thesis]. Minia University ; 2009.
  181. Eissa O, El-Shennawy M, Gaballah S, El-Meehy G, El Bialy T. Treatment outcomes of Class II malocclusion cases treated with miniscrew-anchored Forsus Fatigue Resistant Device: A randomized controlled trial. *Angle Orthod.* 2017;87(6):824-833.
  182. McNamara JA Jr. Neuromuscular and skeletal adaptations to altered function in the orofacial region. *Am J Orthod.* 1973;64(6):578-606.
  183. Yamin-Lacouture C, Woodside DG, Sectakof PA, Sessle BJ. The action of three types of functional appliances on the activity of the masticatory muscles. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1997;112(5):560-72.
  184. Hiyama S, Ono PT, Ishiwata Y, Kuroda T, McNamara JA Jr. Neuromuscular and skeletal adaptations following mandibular forward positioning induced by the Herbst appliance. *Angle Orthod.* 2000;70(6):442-53.
  185. Chintakanon K, Türker KS, Sampson W, Wilkinson T, Townsend G. Effects of twin-block therapy on protrusive muscle functions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000;118(4):392-6.
  186. Raymond JL, Kolf J. Complexité du système masticateur. Manifeste pour un nouveau paradigme de l'occlusion dentaire. Ed. Empresa, 2014.
  187. Woda A, Fontenelle A. Physiologie de l'appareil manducateur. In : Château, Orthop Dento-Faciale Tome 1, Bases scientifiques 167-221. Paris : Ed. CDP, 1993.
  188. Philippe J. De la position des incisives. *Rev Orthopédie Dento-faciale.* 1973;7(4):449-66.
  189. Zataráin B, Avila J, Moyaho A, Carrasco R, Velasco C. Lower incisor inclination regarding different reference planes. *Acta Odontol Latinoam.* 2016;29(2):115-122.

**CHIRK Tatiana – Effets des traitements orthopédiques de classe II par activateur et par guide de croissance (du Dr Valero) sur la version de l'incisive mandibulaire – Revue de littérature et étude clinique rétrospective**

(Thèse : Chir. Dent. : Lyon : 2019.001)  
N°2019 LYO 1D 001

Le panel des thérapeutiques de classe II à visée orthopédique est varié et important. La plupart des appareils existants fonctionnent par propulsion forcée : soit par propulsion forcée mécanique, soit par propulsion forcée réflexe d'origine muqueuse.

Ces appareils ont des effets secondaires dento-alvéolaires, notamment une vestibuloversion des incisives mandibulaires, que l'on cherche à éviter dans la majorité des cas car elle constitue une compensation dento-alvéolaire limitant la correction squelettique.

L'objectif de notre étude est de comparer les effets de deux types de traitements, l'un fonctionnant par propulsion forcée (activateur monobloc associé à une force extra-orale) et l'autre par propulsion volontaire (guide de croissance), sur la version incisive mandibulaire. Le groupe monobloc était constitué de 13 patients et le groupe guide de croissance de 72 patients. Les mesures réalisées sur les téléradiographies de profil avant et après traitement ont été comparées. Les résultats de notre étude n'ont pas montré de différence statistiquement significative au niveau de la variation de la version incisive entre les deux groupes, version qui reste néanmoins faible en comparaison avec les données de la littérature. D'autres études sont nécessaires avec de plus grands échantillons et sur le long terme pour étayer ces résultats.

**Rubrique de classement** : Orthopédie dento-faciale

**Mots clés** :

- Orthopédie de classe II
- Effets dento-alvéolaires
- Contrôle de l'incisive mandibulaire
- Croissance mandibulaire

**Mots clés en anglais** :

- Class II orthopedics
- Dento-alveolar effects
- Mandibular incisor control
- Mandibular growth

**Jury** :

**Président :**  
**Asseseurs :**

Monsieur le Professeur Olivier ROBIN  
Madame le Docteur Sarah CHAUTY  
Madame le Docteur Claire PERNIER  
Monsieur le Docteur Patrice DENIS  
Madame le Docteur Cécile VALERO

**Adresse de l'auteur** :

Tatiana CHIRK  
3 rue Emile Zola  
69002 LYON

