

UNIVERSITE DE STRASBOURG

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE DE STRASBOURG

Doyen : Professeur C. TADDEI

Doyens honoraires : Professeur R. FRANK
Professeur M. LEIZE
Professeur Y. HAIKEL

Professeurs émérites : Professeur W. BACON
Professeur A. FEKI
Professeur H. TENENBAUM

Responsable des Services Administratifs : Mme F. DITZ-MOUGEL

Professeurs des Universités

V. BALL	Ingénierie Chimique, Energétique - Génie des Procédés
A. BLOCH-ZUPAN	Sciences Biologiques
F. CLAUSS	Odontologie Pédiatrique
J-L. DAVIDEAU	Parodontologie
Y. HAIKEL	Odontologie Conservatrice - Endodontie
O. HUCK	Parodontologie
M-C. MANIERE	Odontologie Pédiatrique
F. MEYER	Sciences Biologiques
M. MINOUX	Odontologie Conservatrice - Endodontie
A-M. MUSSET	Prévention - Epidémiologie - Economie de la Santé - Odontologie Légale
C. TADDEI	Prothèses
B. WALTER	Prothèses

Maîtres de Conférences

S. BAHI-GROSS	Chirurgie Buccale - Pathologie et Thérapeutique - Anesthésiologie et Réanimation
L. BIGEARD	Prévention - Epidémiologie - Economie de la Santé - Odontologie Légale
Y. BOLENDER	Orthopédie Dento-Faciale
F. BORNERT	Chirurgie Buccale - Pathologie et Thérapeutique - Anesthésiologie et Réanimation
A. BOUKARI	Chirurgie Buccale - Pathologie et Thérapeutique - Anesthésiologie et Réanimation
O. ETIENNE	Prothèses
F. FIORETTI	Odontologie Conservatrice - Endodontie
M. FREYMANN	Odontologie Conservatrice - Endodontie
C-I. GROS	Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques - Biomatériaux - Biophysique - Radiologie
R. JOERGER	Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques - Biomatériaux - Biophysique - Radiologie
S. JUNG	Sciences Biologiques
N. LADHARI	Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques - Biomatériaux - Biophysique - Radiologie
F. OBRY	Odontologie Pédiatrique
R. SERFATY	Odontologie Conservatrice - Endodontie
M. SOELL	Parodontologie
E. WALTMANN	Prothèses

Equipes de Recherche

N. JESSEL	INSERM / Directeur de Recherche
Ph. LAVALLE	INSERM / Directeur de Recherche
H. LESOT	CNRS / Directeur de Recherche
M-H. METZ-BOUTIGUE	INSERM / Directeur de Recherche
P. SCHAAF	UdS / Professeur des Universités / Directeur d'Unité
B. SENGER	INSERM / Directeur de Recherche

UNIVERSITE DE STRASBOURG
FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année : 2017

N°47

THESE

Présentée pour le Diplôme d'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire
le 28 Septembre 2017

par

BENSAID Hélène

Née le 20 mars 1992 à PONTARLIER

LES PLAQUES D'ANCRAGE :

Profil de leur utilisation par les Orthodontistes du Bas-Rhin

Président : Professeur MINOUX Maryline

Assesseurs : Docteur BAHI-GROSS Sophie

Docteur BOLENDER Yves

Docteur BRIDONNEAU Thomas

Membre invité : Docteur SIEBERT Thibaut

A Madame le professeur Maryline MINOUX,

Je vous remercie de l'honneur que vous me faites en acceptant de présider le jury de cette thèse.

Je vous remercie également pour votre gentillesse, votre disponibilité et votre savoir durant toutes les années de clinique, notamment lors de l'optionnel d'endodontie.

Veillez trouver ici le témoignage de ma sincère gratitude.

A Madame le Docteur Sophie BAHI-GROSS,

Je tiens à vous remercier tout particulièrement pour m'avoir fait confiance quand vous m'avez proposé de traiter ce sujet pour lequel vous montriez beaucoup d'intérêt.

Je vous remercie également pour votre patience à mon égard.

Je vous suis très reconnaissante pour tout ce que vous m'avez appris durant les années de cliniques et de cours très utiles dans mon quotidien de praticien.

Merci de m'avoir accueillis quelques fois dans votre cabinet afin de poursuivre cette formation privilégiée.

C'est avec beaucoup de plaisir que je vous exprime ma profonde gratitude.

A Monsieur le Docteur Yves BOLENDER,

Je vous remercie d'avoir également accepté de faire partie de ce jury.

Soyez assuré de ma gratitude et de ma reconnaissance.

A Monsieur le Docteur Thomas BRIDONNEAU

Je suis très heureuse que vous ayez accepté de faire partie de mon jury.

Vous m'avez fait partager votre passion pour la Chirurgie Orale avec patience, bonne humeur et pédagogie.

Soyez assuré de mon respect et de ma profonde admiration.

A Monsieur le Docteur Thibault SIEBERT,

Je vous remercie d'avoir accepté de faire partie de ce jury.

Merci d'apporter votre expérience à ce travail de thèse, de votre aide très précieuse lors de nos échanges concernant vos différents cas cliniques.

Soyez assuré de ma profonde considération.

« Les mots manquent aux émotions », Victor Hugo

Merci à ma Maman pour l'amour que tu m'apportes chaque jour, pour ta patience, ton dévouement, et ton aide à chaque moment. A mon papa pour ta gentillesse et ta générosité. Merci pour ton aide autant d'un point de vue personnel que professionnel. C'est avec beaucoup de fierté que je deviendrai Docteur Bensaid. Merci à tous les deux d'avoir cru en moi.

A Jeanne pour ta patience et ta délicatesse à mon égard. Merci d'avoir été présente durant toutes ces années dans les bons comme dans les mauvais moments. Merci de me supporter.

A Paul pour ta présence et ton soutien. Et pour tous les bons moments passés ensemble. Toi aussi, merci de me supporter.

A Jérémy, merci de faire de ma vie, ma vie rêvée.

A ma Mamie, ma mamie d'amour, je te remercie d'être une mamie aimante, généreuse et délicate...

A mon Papi, à mon super Papi, tu sais c'est dur... Tu m'aurais vu médecin, ça je le sais, mais je te promets Papi que je serai une dentiste épanouie, heureuse et que d'où tu es tu seras fière de moi. C'est vrai aussi je suis une « sacrée veinarde », mais ma plus grande chance là dedans c'est de t'avoir eu comme papi. Ton Hélène.

A Mamie Yvette, de là haut je sais que tu es fière et tu sais comme je suis heureuse. Tu me disais « La relève est assurée », et bien compte sur moi !

Aux Simon, pour vos délicates attentions. Pour tous les moments qu'on a passé ensemble, entre cousins.

A vous Christian et Riri, mes tontons supplémentaires. Le déménagement paraît si proche !

A Caroline, merci d'être présente depuis tant d'années, tu le sais les déclarations c'est pas mon truc. Mais merci de trouver les mots pour m'apaiser, merci de m'apporter tant. A Juliette, à Salomé, et à toi Sarah pour votre présence sans faille, pour votre écoute, pour nos fous rires, pour nos chagrins, pour nous. Merci les filles pour votre amitié.

A toi mon Léon, merci d'être présent depuis la maternité jusqu'à maintenant à mes côtés.

A Agathe, merci, merci et encore merci pour ton aide précieuse, pour ta bonne humeur et pour tous les moments passés ensemble et pour tout ceux qui suivront ! A toi Henri, d'avoir toujours cru en moi (ahahahahahah).

A Iris pour toutes ces années de fac passées ensemble, pour nos vacances et pour ton soutien. Je nous revois encore « chez Jeannette » il y a 6 ans. A Loan, pour ta gentillesse, ton amitié et tes talents de dessinateur.

A Amandine, ma petite alsacienne, pour ces belles années à Strasbourg.

A Laura et David, mes deux saucisses, merci pour votre folie. Et merci d'avoir rendu ce voyage « professionnel » merveilleux. Et surtout ne nous oublions pas !

A Laure et Céline, pour votre accueil plus que chaleureux au sein du cabinet. Merci de me faire découvrir ce travail sous son meilleur jour, dans la bonne humeur. Merci de trouver les mots quand il le faut.

A mes amis, que je ne vais pas tous citer sinon on en finirait pas, avec qui j'ai passé tant de bons moments lors de ces six années. Merci pour cette bonne ambiance, ces soirées, ces vacances (ski, kite, La Réunion !!) et surtout que cela ne s'arrête jamais !!

TABLE DES MATIERES

Introduction	13
I. Rappels	15
A. Biomécanique orthodontique de l'adulte	15
1. Caractéristiques des forces orthodontiques	15
1.1. <u>Centre de résistance</u>	17
1.2. <u>Moment d'une force</u>	17
1.3. <u>Centre de rotation</u>	19
1.4. <u>Rapport moment/force – Types de mouvements</u>	19
2. Notion d'ancrage orthodontique	20
2.1. <u>Troisième loi de Newton</u>	20
2.2. <u>Trinôme de DE NEVREZE</u>	21
2.3. <u>Ancrage direct – Ancrage indirect</u>	23
2.4. <u>Les différents types d'ancrage</u>	24
2.4.1. <u>Ancrage passif ou ancrage naturel</u>	24
2.4.2. <u>Ancrage actif</u>	25
II. Les miniplaques d'ancrage	27
A. Description	27
1. Le SAS (skeletal anchorage system) : Technique de J. Sugawara	27
2. L'ancrage squelettique « Bollard » : Technique de Hugo De Clerck	29
3. L'ancrage squelettique « C-tube » décrit par Kyu-Rhim Chung (23)	32
B. Indications	33
1. Distalisation	33
1.1. <u>Distalisation des canines maxillaires</u>	33
1.2. <u>Distalisation des molaires mandibulaires</u>	37

2. Mésialisation	44
3. Le redressement molaire	45
4. Correction orthopédique d'une classe III	50
5. Correction d'une classe II d'Angle	55
5.1. Sans extraction des prémolaires.....	55
5.2. Avec extraction des premières prémolaires.....	62
6. La béance antérieure	68
7. Ingression	75
7.1. <u>Ingression d'une dent</u>	75
7.2. <u>Ingression de plusieurs dents</u>	82
C. Contre indications.....	85
1. Contre-indications générales	85
2. Contre-indications locales	85
D. Mise en place	86
1. Le site d'implantation	86
2. Examen clinique	88
3. Examen radiographique du site implanté	88
4. Conseils pré chirurgicaux	89
5. Technique chirurgicale	90
E. Mise en charge.....	97
F. Dépose.....	98
G. Complications.....	98
1. Complications per opératoires	98
2. Complications post opératoires	98
H. Avantages et inconvénients des miniplaques	99
1. Avantages	99

2. Inconvénients	101
I. Perception du patient.....	101
J. Perception de l'orthodontiste	102
III. Etude sur l'utilisation des miniplaques d'ancrage par les Orthodontistes du Bas-Rhin.....	103
A. Objectifs	103
B. Matériel et Méthode.....	103
C. Résultats.....	104
1. Profil des répondants	104
a. Sexe	104
b. Tranche d'âge.....	105
c. Durée d'exercice	105
2. Les différents traitements	106
a. Habitudes de traitement des praticiens	106
b. Utilisation des minivis dans le traitement orthodontique	107
c. Usage des miniplaques dans le traitement orthodontique	108
d. Dispositifs d'ancrage.....	110
e. Utilisation des miniplaques d'ancrage	111
3. Les utilisateurs de miniplaques	111
4. Non utilisation de miniplaques	117
4. Arrêt de l'utilisation des miniplaques	117
5. Souhait d'utilisation des miniplaques	118
6. Non souhait d'utilisation des miniplaques	119
IV. Discussion.....	120
A. Variations liées au sexe et à l'âge.....	120
B. Intérêt du sujet des miniplaques.....	120
C. Utilisateurs de miniplaques.....	120

D. Non utilisateurs de miniplaques	122
E. Conclusion	123
V. Conclusion.....	124
Annexe.....	127
Bibliographie	134

INTRODUCTION

L'ancrage est pour un alpiniste « le fait de s'assurer un point d'appui solide sur la glace ou sur un rocher », pour un marin c'est « la disposition des abouts de chaînage d'une maçonnerie comme l'ancre pour assurer leur rôle de contention », Larousse. En effet, l'ancrage en orthodontie est souvent associé à une notion de résistance au mouvement ainsi qu'à une notion de force. La troisième loi de Newton, encore appelée loi d'action/réaction régit la biomécanique orthodontique. « L'action est toujours égale à la réaction ; c'est-à-dire que les actions de deux corps l'un sur l'autre sont toujours égales et de sens contraires. » Newton.

En orthodontie, l'objectif principal est d'obtenir un déplacement dentaire accompagné d'un minimum d'effets indésirables sur la ou les dents d'appui. La notion d'ancrage semble ainsi indispensable. Jusqu'à présent, l'ancrage peut être renforcé en utilisant un plus grand nombre de dent, en s'appuyant sur la musculature ou enfin, grâce à des dispositifs extra oraux. Ces systèmes de renfort d'ancrage sont efficaces mais peuvent nécessiter la coopération du patient. L'ancrage à ce niveau ne dépendra donc pas seulement du praticien. L'orthodontiste est donc en permanence confronté à la notion de perte d'ancrage.

Ainsi, depuis quelques années, l'utilisation des ancrages osseux a fait considérablement évoluer les concepts de traitements orthodontiques en s'opposant aux mouvements indésirables résultant de cette perte d'ancrage. L'apparition des ancrages osseux, ce que certains appelleront « une orthodontie révolutionnaire » (1) permet d'améliorer l'efficacité de l'ancrage et de faciliter la pratique de l'orthodontie en permettant à l'orthodontiste d'anticiper les déplacements dentaires tout en diminuant la participation du patient à la réussite du traitement. Le traitement orthodontique sera dès lors plus conservateur, sans extraction et pouvant même parfois éviter les traitements chirurgico-orthodontiques. (2)

Enfin, face à un accroissement considérable de la demande de traitements chez l'adulte, cet outil thérapeutique se veut plus esthétique et constitue un ancrage squelettique stable et facile d'utilisation.

Il existe deux types d'ancrage vissé en orthodontie : les mini-vis et les mini plaques squelettiques. Ces différents systèmes vont permettre au praticien d'obtenir un ancrage dit « absolu ». (3)

Au cours de ce travail, nous allons nous intéresser exclusivement aux plaques d'ancrage dont l'utilisation a été décrite pour la première fois par JENSEN en 1985 puis reprise plus en détails par Sugawara et al (4) décrivant un nouveau design à ces miniplaques d'ancrage appelées « Skeletal Anchorage System » : SAS. De Clerck et Cornelis (5) ont également présenté des patients traités par des miniplaques d'ancrage.

Après quelques rappels sur les principes de biomécanique appliqués aux déplacements dentaires nous décrirons les miniplaques d'ancrage dans leur globalité. Enfin, une étude menée chez les orthodontistes spécialistes en Orthopédie Dento-Faciale du Bas-Rhin nous permettra d'apprécier les connaissances de ces derniers sur ce système d'ancrage.

I. RAPPELS

A. BIOMECANIQUE ORTHODONTIQUE DE L'ADULTE

1. Caractéristiques des forces orthodontiques

La connaissance des bases en biomécanique va permettre au clinicien de déterminer l'ancrage et les options de traitement, d'étudier diverses solutions ainsi que décider de certains ajustements permettant l'amélioration des résultats du traitement.

Ainsi, il est crucial de connaître et comprendre les principes du déplacement dentaire.

La façon dont une dent se déplace dépend de la nature du système de force. Ce système de force comprend la force et les moments appliqués sur le support et la répartition de la force sur le parodonte. La distribution de la force est fonction du centre de résistance de la dent. (6)

Une force (en Newton) est caractérisée par un vecteur qui est déterminé par : (figure 1)

- Un sens
- Une direction
- Une intensité
- Un point d'application

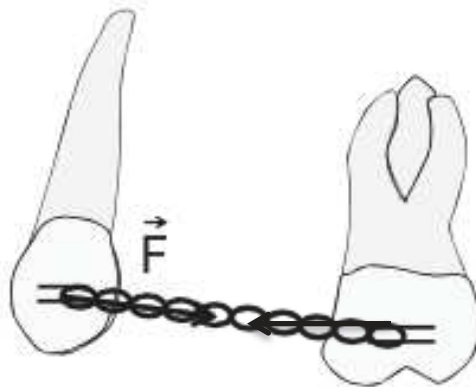


Figure 1 : Application d'une force sur la dent (7)

Le déplacement dentaire est déterminé par différents phénomènes bioélectriques et des phénomènes de pression. Quand nous exerçons une force sur une dent ou un groupe de dent, le déplacement va provoquer deux types de phénomènes :

- Des courants électriques générés par les contraintes subies par l'os alvéolaire ce qui va alors modifier le métabolisme des cellules osseuses.
- Des compressions des vaisseaux sanguins et des fibres ligamentaires/ dilatations des vaisseaux sanguins et extensions des fibres ligamentaires générés par les compressions/ extensions subies par les différentes zones du ligament.

Puis en découle une réponse biologique de type résorption ou apposition osseuse, ainsi le remaniement osseux démarre. Après plusieurs jours (entre trois et cinq jours) de mise en charge, ce remaniement devient observable.

Le déplacement dentaire provient donc de ce remaniement osseux. La vitesse de déplacement dentaire semble liée au turn over tissulaire, à la dynamique du métabolisme parodontal, au niveau ligamentaire et osseux. Il existe des valeurs seuils de contrainte en dessous desquelles le processus de déplacement n'a pas lieu. De la même façon, au dessus d'un certain seuil, ce processus est bloqué : il s'agit de la hyalinisation : c'est à dire la destruction cellulaire dans les zones de compression. Donc, lorsqu'une force est appliquée à une dent, elle va se déplacer dans le milieu ligamentaire qui est un milieu déformable et partiellement élastique. Ainsi, la position de la dent va résulter de l'équilibre entre la force appliquée et la réaction élastique du ligament (8). Un système de force appliqué va ainsi provoquer une modification de cet équilibre.

L'utilisation des moyens d'ancrage squelettiques doit obéir à une stratégie biomécanique réfléchie et individualisée. Les forces orthodontiques sont des forces dont l'action s'applique au niveau dento-alvéolaire (à différencier donc des forces orthopédiques).

1.1. Centre de résistance

Le centre de résistance d'un solide est le point tel que, si nous exerçons une force quelconque en ce point, le solide se déplace dans la direction de la force sans rotation, en translation pure (figure 2). La localisation du centre de résistance dépend du solide et du milieu où il se trouve. On peut donc dire que le centre de résistance d'un corps contraint (ici la dent dans son parodonte) est le point du corps par lequel l'application d'une force produit cette translation pure.

Burstone, en 2012, a déterminé le centre de résistance (C_r) d'une dent mono-radiculée dont la racine est parabolique au tiers de la hauteur radiculaire en partant de la crête alvéolaire (le contrôle expérimental confirme ces résultats). Il se trouve près du grand axe de la racine, allant de l'apex à la crête alvéolaire.

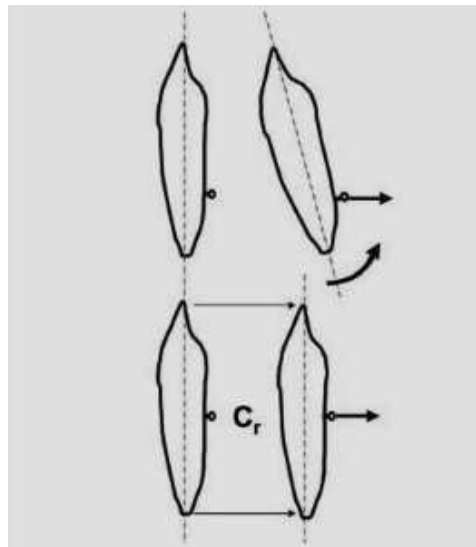


Figure 2: Recherche du point d'ancrage donnant un déplacement en translation pure (8)

Le centre de résistance (C_r) d'une dent pluri-radiculée se trouve, lui, au niveau de la zone de furcation.

1.2. Moment d'une force

En appliquant une force (F) dont l'action ne passe pas par le centre de résistance de la dent ou les dents à déplacer, l'orthodontiste provoque un mouvement de roto translation. (6)

La rotation est défini par le moment (M) de la force qui représente le produit de l'intensité de la force (F) par la distance orthogonale de sa ligne d'action au centre de résistance (D), c'est à dire par la distance séparant le centre de résistance et la force (figures 3 et 4).

$$M = F \times D$$

avec M en g x mm

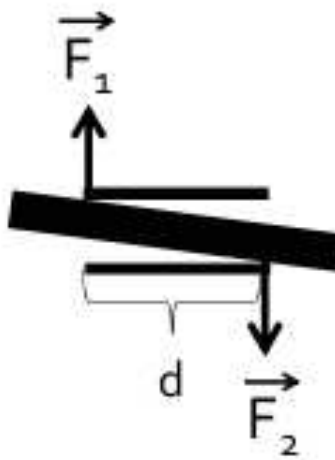


Figure 3 : Description d'un moment. (7)

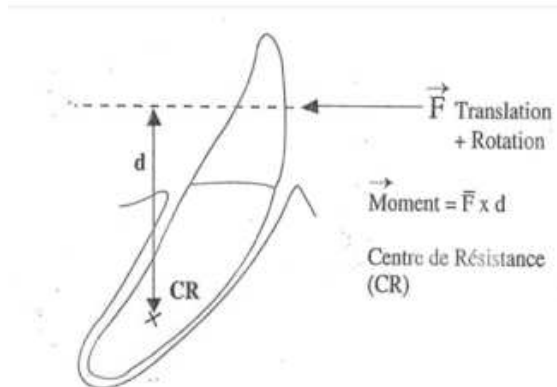


Figure 4 : Schématisation d'un moment. (6)

1.3. Centre de rotation

L'application d'un moment M unique sur la dent va alors engendrer une rotation de la dent autour de son centre de résistance.

Le centre de rotation est défini, au cours d'un mouvement dentaire, comme l'intersection de l'axe de la dent avant et après le déplacement. La dent effectue donc un mouvement circulaire autour de ce centre de résistance. Le centre de rotation peut donc se situer à différents niveaux : au dessus de la dent, entre l'apex et le bord libre ou encore en dessous de la dent. (9)

1.4. Rapport moment/force – Types de mouvements

La localisation du centre de rotation est liée au rapport moment/force et va définir le type de mouvement qui va se produire (figure 5). (7), (10), (9)

- Mouvement de **translation** si le rapport M/F est égal à la distance d séparant le bracket du centre de résistance.
- Mouvement de **version incontrôlée** si le rapport $M/F = 0$, seule une force est appliquée au niveau du bracket, le centre de rotation est situé à 2mm apicalement par rapport au centre de résistance.
- Mouvement de **version contrôlée** si le rapport M/F est égal à 8, le centre de rotation se trouve donc à l'apex.
- Mouvement de **translation** si le rapport M/F est égal à 10, le centre de rotation se trouve à l'infini.
- Mouvement de **redressement radiculaire** si le rapport M/F est égal à 12, le centre de rotation se trouve à l'extrémité coronaire.
- Mouvement de **rotation pure** quand le rapport M/F est égal à l'infini, le centre de rotation est égal au centre de résistance.

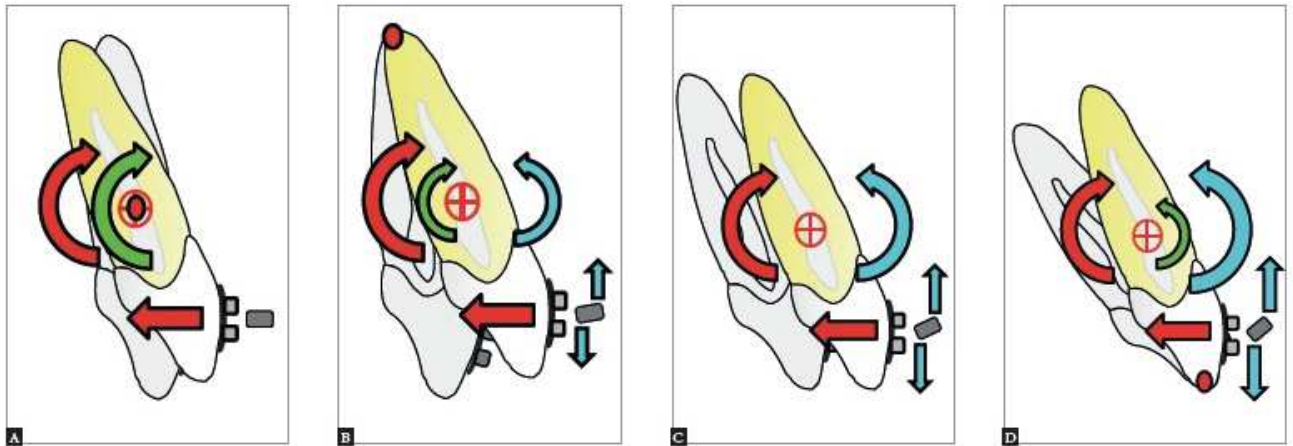


Figure 5: Les différents types de mouvements dentaires. (6)

- A) Version incontrôlée; B) Version contrôlée; C) Mouvement de translation;
D) Redressement de la racine.

Les flèches rouges représentent la force appliquée sur les dents et le moment de la force. Les flèches bleues représentent la force exercée par le fil dans le support et le moment d'un couple. La flèche verte est la résultante des moments.

Le moment est d'autant plus grand que la distance entre le centre de résistance de la dent et le point d'application de la force est importante, donc la rotation de l'objet est plus facile quand le moment est grand.

2. Notion d'ancrage orthodontique

L'ancrage peut être défini comme la capacité à prévenir le mouvement indésirable des dents ou d'une dent pendant que les autres dents se déplacent.

2.1. Troisième loi de Newton

L'orthodontie conventionnelle n'échappe pas aux principes physiques. Elle est menée par la troisième loi de Newton. En effet cette loi stipule que : « Lorsqu'un corps A exerce sur le corps B une action mécanique représentée par une force $F(B/A)$, le corps B exerce sur A une action représentée par une force $F(A/B)$ » (figure 6).

$$F(B/A) = -F(A/B)$$

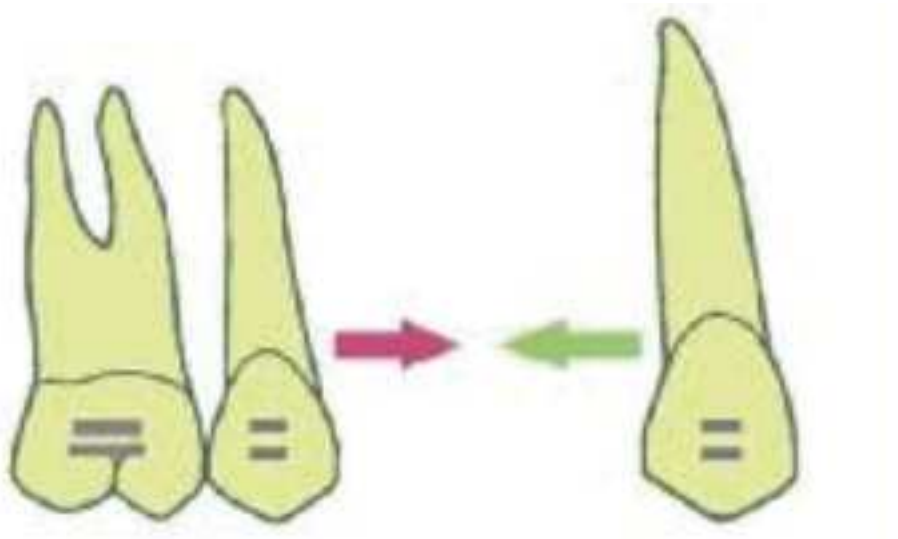


Figure 6 : Troisième loi de Newton. (11)

Principe des actions réciproques

« Toute action entraîne une réaction égale et opposée »

De ce fait, en appliquant une force sur une dent, on applique la même force, de même intensité sur la ou les dents d'ancrage. Donc, une dent sollicitée par un système mécanique va subir un déplacement voulu ou indésirable plus ou moins important. Si ce mouvement obtenu est indésirable, il sera nécessaire de le supprimer ou au moins de le contrôler. (12)

2.2. Trinôme de DE NEVREZE

Le trinôme de De Nevreze correspond à l'ancrage différentiel. Ce trinôme est applicable en orthodontie. (13)

Les trois paramètres définissant ce trinôme sont les suivants ;

- Résistance Stable (RS) : C'est l'ancrage orthodontique. Elle correspond à la structure de point d'appui, partie que l'on ne peut pas déplacer. RS peut être constituée d'une arcade dentaire, d'un groupe de dents ou d'une structure extra-orale.
- Résistance Mobile (RM) : C'est le point d'application de la force. C'est l'élément à déplacer. RM peut être une arcade dentaire, une dent ou encore un groupe de dents.
- Force Motrice (FM) : C'est la force fournie par l'appareil actif utilisé sur la ou les dents à déplacer. Elle est constituée par un arc ou auxiliaire intra ou extra-oral.



Trois situations sont possibles :

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

- Si $FM > RS + RM$: on a un déplacement égal, symétrique et opposé de RS et RM.
- Si $FM < RS + RM$: on aura alors aucun déplacement.
→ Le déplacement dentaire est impossible

Si $RS > RM$ (le plus fréquent, la résistance stable est supérieure à la résistance mobile)

- Si $FM > RS > RM$: le déplacement est double, c'est à dire des deux structures mais inégal : RS se déplace moins que RM. On aura donc un mouvement parasite de l'ancrage : une perte d'ancrage.
- Si $RS > FM > RM$: seule RM se déplace. Ici on a donc un déplacement optimal que l'on appelle **ancrage maximum**.
→ L'ancrage n'est pas affecté, les déplacements sont alors contrôlés.

Si $RS < RM$ (la résistance stable est inférieure à la résistance mobile, contraire à la notion d'ancrage)

- Si $FM < RS < RM$: alors aucun déplacement n'est observé.
- Si $RM > FM > RS$: seule la structure d'ancrage se déplace: perte d'ancrage

2.3. Ancrage direct – Ancrage indirect

L'ancrage squelettique peut être classifié en 2 types (WAHL, 2008) (11):

- L'ancrage direct: qui utilise exclusivement des implants (ou minivis/miniplaques) afin d'obtenir les déplacements souhaités sans solliciter de dents. La force est directement appliquée sur le système d'ancrage osseux (figure 7).

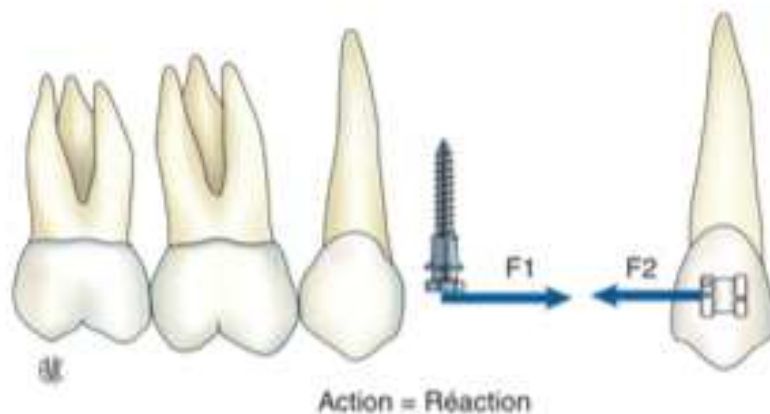


Figure 7: Ancrage direct par minivis. (14)

- L'ancrage indirect: qui utilise des ancrages osseux pour « renforcer » l'ancrage dentaire pré-existant. Ici, l'ancrage est relié par une connexion rigide à une dent ou un groupe de dents.
 - o ancrage indirect par des implants standard
 - o ancrage indirect par des minivis (figure 8)

Elles peuvent être palatines comme décrites par P. A.Wehrbein et al (15), (16). Cette méthode consiste à placer une minivis dans la voûte palatine. La minivis est alors connectée aux dents par un arc transpalatin, elle est donc utilisée pour stabiliser les unités dentaires d'ancrage.

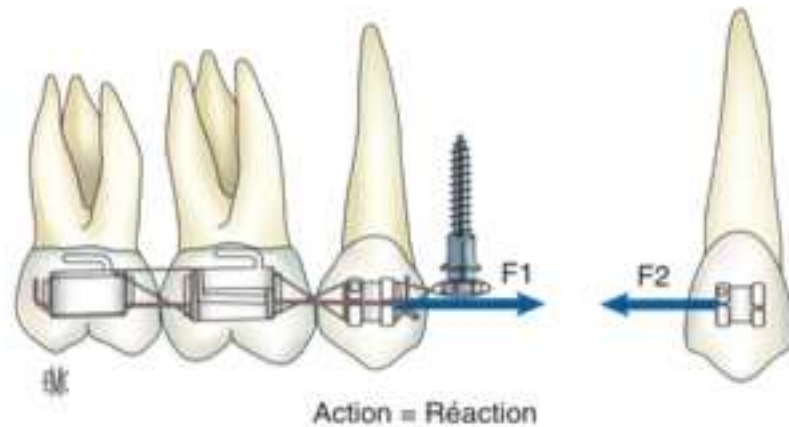


Figure 8: Ancrage indirect par minivis. (14)

Les implants à ancrage indirect présentent plusieurs inconvénients infligés par des exigences de positionnement, la possibilité de poser un implant en position rétro-molaire, les structures anatomiques palatines ainsi que la difficulté de maintenir une bonne hygiène buccale (figure 9). (17)

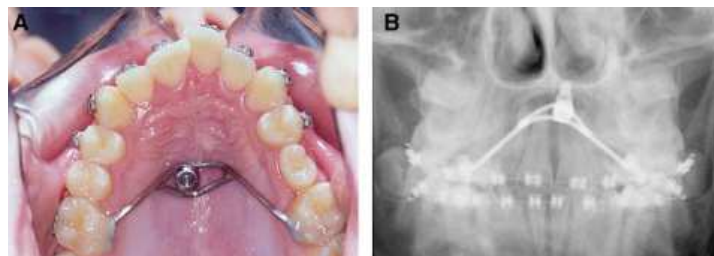


Figure 9: Implant palatin placé chez un patient adolescent. (16)

2.4. Les différents types d'ancrage

2.4.1. Ancrage passif ou ancrage naturel

L'ancrage passif (18) au contraire de l'ancrage actif est naturel, biologique. La dent constitue son propre ancrage. L'ancrage passif correspond donc à la résistance naturelle de la dent, au déplacement de la dent ancrée dans l'os alvéolaire par l'intermédiaire du ligament.

L'ancrage naturel d'une dent dépend du type de la dent, de son environnement parodontal, musculaire et osseux.

L'ancrage naturel est difficile à appréhender de part sa variabilité, c'est pourquoi le traitement va faire appel à l'ancrage actif quand les mouvements nécessitent un ancrage important. (19)

2.4.2. Ancrage actif

L'ancrage actif lui n'est plus naturel mais mécanique, thérapeutique. On va renforcer l'ancrage naturel de la dent par des dispositifs mis en place. Ainsi on tente d'éviter les mouvements indésirables des dents d'ancrage, d'appui. On distingue trois types d'ancrages actifs différents :

- **L'ancrage intra-oral** : la réaction à la force provient de l'arcade alvéolaire où le déplacement est à réaliser. On solidarise les dents d'une même arcade :
 - Coligatures
 - Plaques, gouttières
 - Bridge provisoire
 - Ancrage osseux
 - Arc de Nance

C'est un arc palatin de 9/10 relié aux bagues des premières molaires supérieures, il comporte dans sa partie antérieure une courbure S noyée dans une pastille de résine. (20)

- Arc trans-palatin

Cet arc amovible de 9/10 est fixé aux boîtiers molaires et suit la voute palatine. L'arc trans-palatin va permettre d'augmenter l'ancrage des molaires supérieures. Avec une force extra-orale, il va permettre une traction oblique ou verticale. (20)

- Quadhélix

Ce système est placé au niveau de l'arcade maxillaire et relié à deux bagues molaires. Il peut être fixe ou amovible. Il s'agit initialement d'arc palatin d'expansion avec des boucles situées aux quatre angles.

- Arc lingual

- **L'ancrage extra-oral**

Ces appareils prennent des appuis péri-crâniens par un casque ou un bandeau, soit sur la nuque, soit sur le crâne. Ces moyens nécessitent une coopération importante de la part des patients.

- Dispositifs de classe III (Masque de Delaire, masque de Petit, fronde mentonnière)
- Dispositifs de classe II (Forces extra-orales (FEO))

- **L'ancrage inter-arcades** : la réaction à la force provient de l'arcade antagoniste.

En effet, on sollicite les deux arcades.

- Ancrages osseux
- Plaques et gouttières amovibles : activateurs
- Élastiques intermaxillaires

II. LES MINIPLAQUES D'ANCRAGE

Les miniplaques sont des systèmes d'ancrage squelettiques temporaires tout comme les mini-vis. Selon Baron (1), ces systèmes permettent une avancée « technique et conceptuelle considérable ».

Les premières applications d'un ancrage osseux sont celles des plaques de contention en chirurgie orthognathique (plaque d'ostéosynthèse) par JENNER et al en 1985. Par la suite, de part leur bonne stabilité, ces miniplaques d'ancrage ont été utilisées à des fins orthodontiques. L'inconvénient majeur des mini-vis est le risque de lésion des structures anatomiques dentaires. Ainsi, Jenner et Fitzpatrick s'affranchirent de ce risque en positionnant une plaque d'ostéosynthèse à distance des apex dentaires. L'utilisation de ces miniplaques a ensuite été codifiée en particulier par H. DE CLERCK et J. SUGAWARA.

Grâce à ces systèmes, l'orthodontiste va pouvoir bénéficier d'un « ancrage absolu ». Ainsi, il existe moins de risque de « perte d'ancrage » (lors d'un ancrage insuffisant). L'ancrage squelettique est devenu une alternative de traitement importante dans la pratique moderne de l'orthodontie chez l'adulte.

A. DESCRIPTION

Les premiers à décrire ces systèmes d'ostéosynthèse modifiés sont un Japonais, Junji Sugawara, et un Belge, Hugo De Clerck.

1. Le SAS (skeletal anchorage system) : Technique de J. Sugawara

Les miniplaques sont constituées de titane de grade 2. Elles sont fixées temporairement dans l'os par des vis mono corticales. Toutes les miniplaques sont composées de 3 parties : la tête, le bras et le corps (2) : (figure 10)

- La **tête** de la plaque est composée de trois crochets destinés à l'attachement des systèmes de traction orthodontique. La tête est donc intra orale mais en dehors de la gencive. Elle peut être de forme :
 - Circulaire
 - Tubulaire
 - Crochet

- Le **bras** sous muqueux, transgingival, de la plaque peut être de trois longueurs différentes :
 - Court (10,5 mm)
 - Moyen (13,5mm)
 - Long (16,5 mm)

Ce bras peut être de section rectangulaire ou ronde.

- Le **corps** perforé de la plaque est sous périosté et en forme de « T », de « Y » ou de « I ». La plaque en forme de T peut être modifiée en plaque de forme « L » en coupant un des trous de vis. Il est fixé à l'os à l'aide de deux ou trois minivis (figure 11).

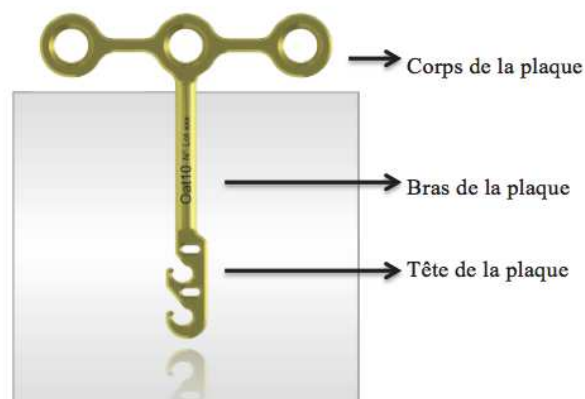


Figure 10: Description de la miniplaque actuelle. Global D

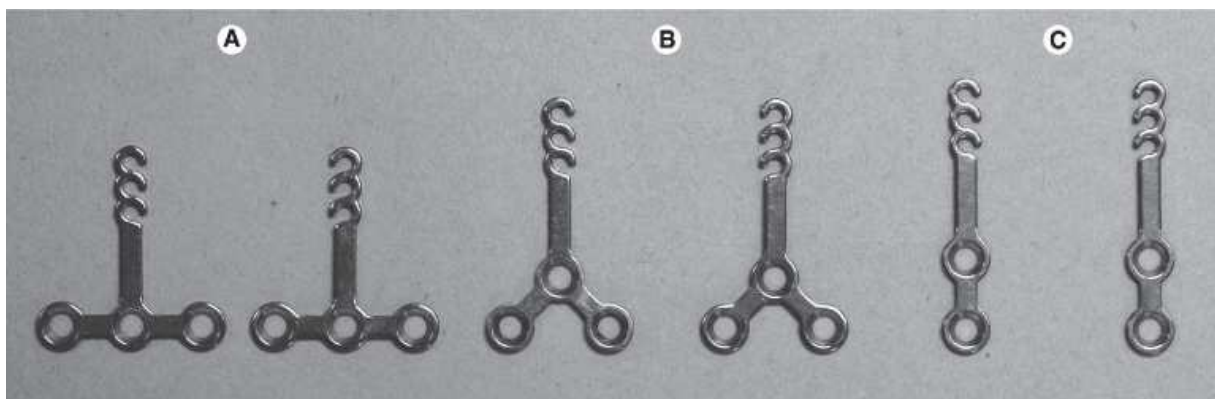


Figure 11: Les différentes formes de plaques : a : « T », b : « Y », c : « I ». (2)

2. L'ancrage squelettique « Bollard » : Technique de Hugo De Clerck

Cet ancrage osseux est composé de trois différentes parties (figure 12), (21) :

- Une **miniplaque** en titane (M) de 0,7 mm d'épaisseur avec deux ou trois trous qui vont venir accueillir les minivis mono corticales (figure 13) de 5 ou 7 mm de longueur et d'un diamètre de 1,55 mm.
- Une **barre de connexion** (N) de section ronde de 1,5 mm de diamètre. Celle ci va traverser les tissus mous à la hauteur de la jonction muco-gingivale.
- Un **cylindre de fixation** (F) qui comporte une vis de verrouillage permettant la mise en place d'arcs de connexion reliant alors cet ancrage squelettique à l'appareillage orthodontique.

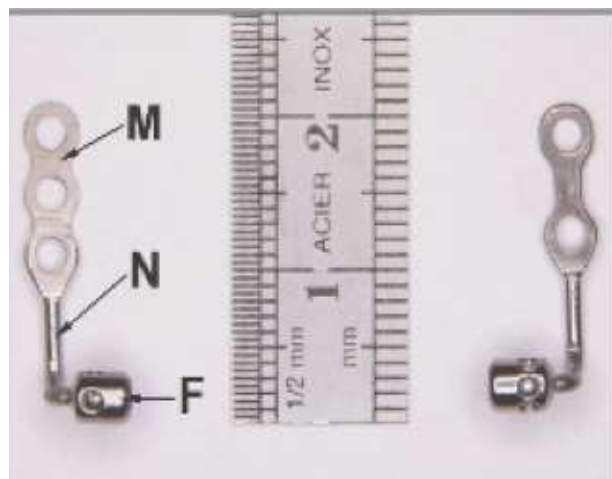


Figure 12: Miniplaque (M), barre de connexion (N), unité cylindrique de fixation (F) munie d'une vis de verrouillage. (22)

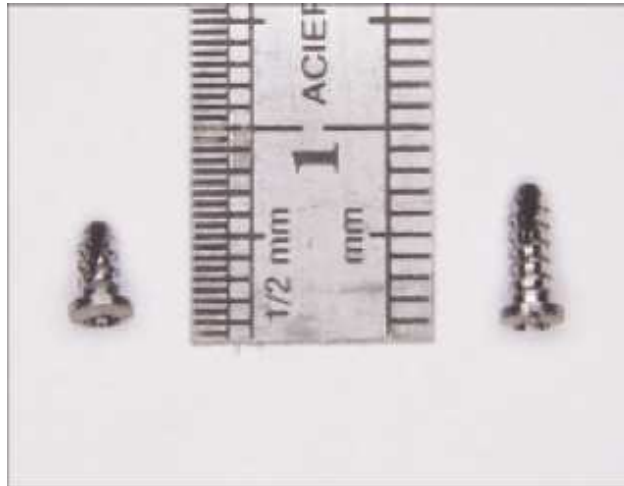


Figure 13: Vis mono-corticales pour rétention des implants Bollard. (22)

Il existe deux différents systèmes :

- **Le système Bollard sans crochet**

L'unité de fixation contient deux fentes verticales d'un diamètre de 0,045 (1,1mm). Un fil de connexion carré avec une taille maximum de 0,032x0,032 inch peut y être inséré et fixé de façon solide par une vis de verrouillage afin de la connecter à l'appareil orthodontique. Le point d'application de la force sera ajusté en modulant la forme et la longueur du fil (figures 14 et 15).



Figure 14: Système Bollard à la mandibule. (21)

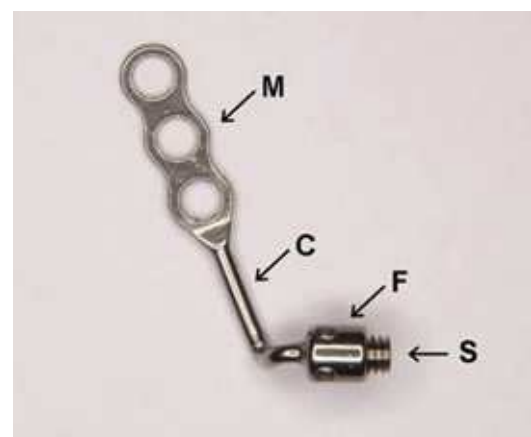


Figure 15: Système Bollard au maxillaire. (21)

Ici, l'orientation de l'élément de fixation est parallèle au procès alvéolaire ou à l'arcade dentaire ce qui limite alors les irritations jugales et labiales. (15)

- **Le système Bollard avec crochet**

Le système avec crochet est plus petit que le modèle sans crochet. Il contient un tube d'une section de 0,020x0,020 inch. Il y a également un crochet pour fixer directement des élastiques ou des ressorts hélicoïdaux (figures 16 et 17).



Figure 16: Ancrage Bollard avec crochet à la mandibule (20)



Figure 17: Ancrage Bollard avec crochet au maxillaire (20)

La section ronde de la barre de connexion à l'endroit où elle traverse les tissus mous va favoriser une meilleure adaptation à la muqueuse. De Clerck comparera ce phénomène à un piercing au niveau de la langue (15). De plus, elle permet également un maintien d'une hygiène dentaire efficace en facilitant l'accès au brossage. Cette section ronde permettra donc une très bonne adaptation aux tissus mous autour de la miniplaque, une très bonne étanchéité et donc un taux de succès augmenté. C'est là la clef de la réussite.

Un des avantages majeur de ce système est la diminution des problèmes d'infiltration bactérienne, risque existant avec l'implantation de mini vis. Ainsi avec ces systèmes, on réduit le risque d'ostéolyse et donc on réduit le risque de perte de l'ancrage.

3. L'ancrage squelettique « C-tube » décrit par Kyu-Rhim Chung (23)

Le système C-tube (figure 18), a été développé exclusivement pour les orthodontistes, avec un design plus simple et plus petit que les deux autres systèmes afin de faciliter leur positionnement. En effet, ces miniplaques sont ancrées au niveau de l'os cortical proche des dents postérieures et non pas au niveau du processus zygomatique ce qui facilite alors l'intervention chirurgicale.

Les systèmes C-tube sont des miniplaques en titane, comprenant deux ou quatre trous (diamètre de 1,5 mm) et d'une longueur de 4 à 7mm.

Il existe deux types de C-tube :

- Le « l-type C tube » (figure 18, A-C). Ce système est vissé à l'aide de 2 minivis auto-taraudantes. Ces miniplaques sont utilisées au niveau postérieur quand les espaces inter radiculaires sont étroits ou alors au niveau antérieur quand le frein labial est trop proéminent.
- Le « cross type C tube » (figure 18, D-F). Ce système est vissé à l'aide de 2 ou 4 minivis auto taraudantes de 4 mm lorsque le sinus maxillaire semble très pneumatisé ou encore quand une distalisation en masse de la dentition est envisagée.

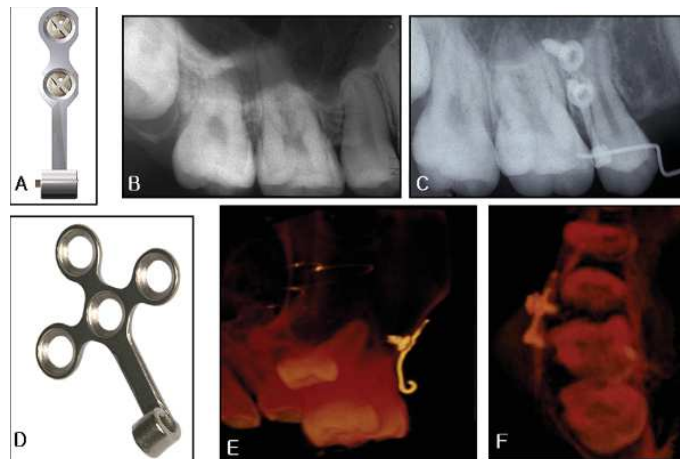


Figure 18 : Miniplaques C-tube. (23)

L'utilisation de C-tube va permettre d'utiliser des vis de courte taille évitant ainsi d'interférer avec les racines et les mouvements dentaires.

B. INDICATIONS

L'attrait majeur de ces miniplaques est l'obtention d'un mouvement dans les trois dimensions de l'espace des molaires (ingression, égression, distalisation, vestibulo ou linguo version, protraction/rétraction). Avec l'amélioration du design des miniplaques ainsi que les nouvelles idées d'utilisation de ces plaques, les indications deviennent de plus en plus larges. En effet, l'utilisation de ces miniplaques est claire et les indications ne diminueront pas avec le temps d'après J. Sugawara. L'utilisation des miniplaques dans le traitement orthodontique va permettre à ce dernier d'être plus court et plus efficace qu'il ne serait avec l'utilisation de minivis. Selon J. Sugawara, il existe quatre domaines en particulier dans lesquels les miniplaques sont indispensables et le resteront :

- Pour distaler les dents postérieures maxillaires et mandibulaires afin d'éviter des extractions de prémolaires.
- En cas de béance avec une malocclusion de classe II c'est à dire pour gérer à la fois une distalisation et une ingression des molaires.
- Pour un traitement orthopédique chez les jeunes patients.
- Avant une chirurgie orthognathique de classe III lors de la décompensation.

1. Distalisation

1.1. Distalisation des canines maxillaires

La canine joue un rôle important tant au niveau fonctionnel, stabilité qu'au niveau esthétique. Ainsi, le mouvement orthodontique de ces canines est un enjeu primordial dans le traitement. En orthodontie, la distalisation peut être réalisée de deux manières différentes.

La première est mécanique, par frottement, avec l'utilisation d'arc, de fil.

La seconde est sans frottement et implique ainsi des systèmes d'ancrage. Le maintien de la position des dents postérieures a toujours été une préoccupation lors de la rétraction canine, surtout dans les cas où un ancrage maximal est nécessaire. Les appareils extra buccaux sont stables mais nécessitent la coopération du patient.

Une première étude menée par Kulshrestha et al en 2008 (24) sur des mâchoires de chien (figure 19) a été réalisée afin d'étudier la fermeture orthodontique d'espace après l'extraction des prémolaires grâce à un ancrage osseux de type miniplaque (groupe expérimental), par rapport à un ancrage conventionnel au niveau des dents (groupe contrôle).

Bien que la quantité totale de fermeture d'espace soit similaire dans le groupe témoin et dans le groupe expérimental, le mécanisme de fermeture de l'espace est différent. Dans le groupe contrôle, le mouvement des dents d'ancrage est d'environ un tiers de la fermeture de l'espace. Dans le groupe expérimental, les miniplaques ont un mouvement minime, et la fermeture de l'espace a été réalisée presque entièrement par le mouvement des dents cibles. Ces résultats confirment bien que les miniplaques offrent un ancrage presque absolu.

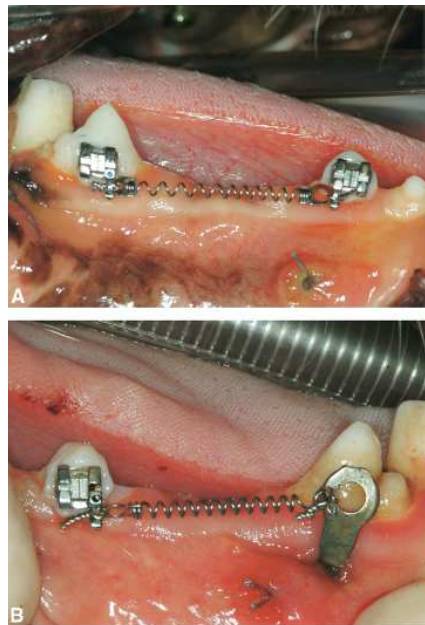


Figure 19: Photos intra orales – A. Groupe contrôle (ancrage dentaire) et B. Groupe expérimental (ancrage osseux à l'aide de miniplaques). (24)

Cetinsahin et al (25) en 2010 sur trente patients, confirment les avantages de l'ancrage squelettique dans la distalisation canine.

30 patients (19 femmes et 11 hommes) présentant une classe II d'Angle ou malocclusion de classe II dont les premières prémolaires supérieures vont être extraites ont été divisés en deux groupes :

- Un groupe traité par ancrage zygomatique.
- Un groupe traité par des ressorts de rappel PG sans ancrage squelettique.

Après les extractions et le nivellement de l'arcade, les miniplaques ont été posées au niveau du processus zygomatique à droite comme à gauche dans le groupe n°1 (figure 20).

Les canines maxillaires sont ensuite distalées à l'aide de ressorts PG dans les deux groupes.

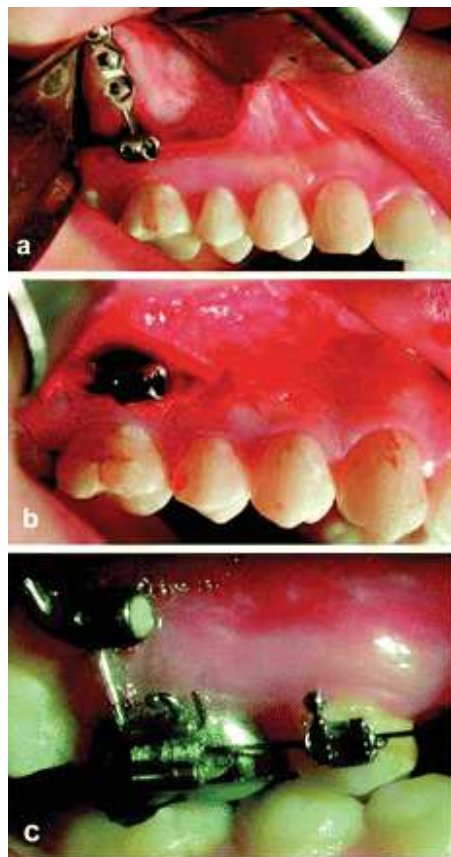


Figure 20: Miniplaque fixée et adaptée à la crête zygomatique (25)

Des modèles d'étude et des tracés céphalométriques ont été réalisés avant et après traitement.

Résultats:

- La durée moyenne du traitement a été de 4,71 +/- 0,22 mois dans le groupe 1 et 4,08 +/- 0,30 mois dans le groupe 2. La différence n'est pas significative.
- Le ressort de rappel PG démontre une version distale des canines maxillaires.
- Aucune différence significative en ce qui concerne le taux de rétraction des canines.
- Cependant, la perte d'ancrage moyenne observée sur les molaires était significativement supérieure dans le groupe 2 par rapport au groupe 1 (1,50 mm contre 0,63 mm). De plus, les racines des molaires sont stables dans le groupe 1 et subissent un mouvement mésial de 1,10 mm dans le groupe 2.

Une étude plus récente en 2016 de Kecik et al (26) renforce ces résultats. Bien que la durée du traitement ne puisse pas être réduite par les TADs (dispositifs d'ancrage temporaires), un meilleur ancrage postérieur et une rétraction plus grande des dents antérieures supérieures sont obtenus par rapport aux systèmes d'ancrage conventionnels. Les systèmes d'ancrage conventionnels ont provoqué l'égression des molaires, ce qui a entraîné une augmentation de la hauteur faciale.

Ainsi, le système d'ancrage zygomatique par miniplaques est une méthode de renforcement d'ancrage fiable et efficace pour la rétraction canine dans les cas d'extractions des prémolaires. En effet, la perte d'ancrage peut conduire à des résultats de traitements infructueux en augmentant la difficulté de correction de la malocclusion dans le sens antéro-postérieur. Ce type de mouvement peut être obtenu à l'aide de minivis mais une fois encore, des risques existent au niveau des dents adjacentes au cours du déplacement dentaire. L'implantation de la miniplaque, elle, est réalisée à distance des racines des molaires supérieures.

Dans ces études, les miniplaques ont été ensuite utilisées pour la rétraction des incisives en seconde étape.

Une autre étude menée par Hugo de Clerck et al en 2002 avait analysé la distalisation des canines maxillaires à l'aide du système Bollard. De Clerck avait conclu que « les valeurs d'ancrage des mini plaques sont bien supérieures à celles d'une force extra orale lors du recul des incisives et la durée du traitement est diminuée de plusieurs mois. »

1.2. Distalisation des molaires mandibulaires

Une étude de cohorte menée en 2004 par J. Sugarawa et coll. (27) s'intéresse à la distalisation des molaires mandibulaires par miniplaques chez les patients adultes. La distalisation des molaires mandibulaires est reconnue comme étant un des mouvements les plus difficiles à obtenir en orthodontie. C'est à l'aide de téléradiographies de profil et moulages qu'ils vont étudier le type de mouvements obtenus, mesurer la quantité de distalisation des molaires mandibulaires ainsi que la stabilité après un an de traitement. Cette étude a été réalisée chez 15 patients adultes, sur 29 molaires mandibulaires distalées avec succès grâce au système d'ancrage par miniplaques.

Deux différentes techniques ont été utilisées :

○ **Dent par dent**

L'extraction de la troisième molaire est nécessaire afin de créer de l'espace pour distaler les autres dents. Après les phases de nivellement et d'alignement, des arcs rigides sont mis en place. Puis des plaques d'ancrage en forme de L sont posées sur le bord antérieur du ramus de la mandibule. Le tube situé au niveau de la première molaire est déposé. Une force de distalisation est ensuite appliquée au niveau de la seconde molaire à l'aide d'un ressort ouvert. Une fois cette seconde molaire distalée, on procède de la même manière pour la première molaire.

○ **Distalisation en masse**

Une force directe de rétraction prémolo-molaire est appliquée par la plaque sur les premières prémolaires afin de pouvoir distaler tout le segment postérieur (figure 21).

Résultats :

- La distalisation moyenne des premières molaires est de 3,5 mm +/- 1,4 mm au niveau de la couronne et de 1,8 mm au niveau de la racine.
- Le taux de récurrence après un an de traitement est de 0,3 mm soit 9% (non significatif)

D'après J. Sugawara (28), alors que les traitements traditionnels n'offrent aucune option fiable dans la distalisation des molaires mandibulaires, l'utilisation orthodontique des miniplaques elle, permet de répondre à cette problématique. La seule contrainte que le patient va subir c'est la chirurgie de pose de ces miniplaques.

Un important taux de réussite est obtenu par J. Sugawara, soit 85% de réussite dans les traitements de distalisation des molaires maxillaires et mandibulaires par miniplaques. (2)

Les miniplaques sont une alternative thérapeutique fiable et sûre, sans avoir à extraire les prémolaires pour corriger des occlusions croisées antérieures caractérisées par des malocclusions, des asymétries dentaires et un encombrement antérieur.

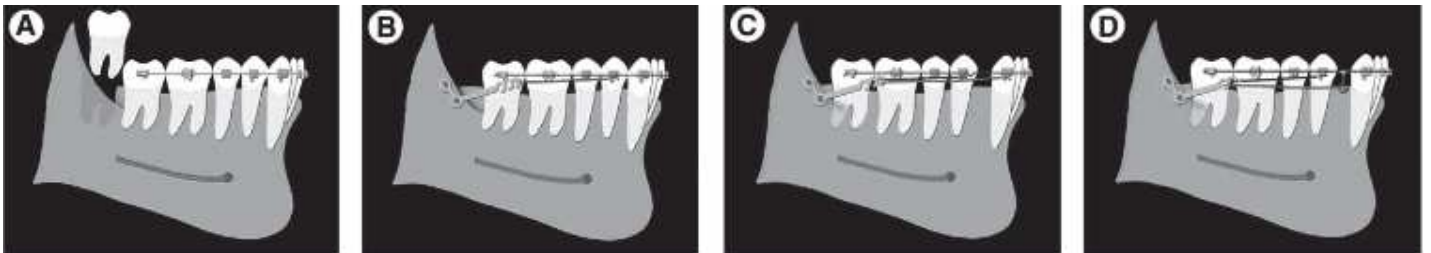


Figure 21: Distalisation des molaires mandibulaires. (2)

(A) Nivellement et alignement de l'arcade mandibulaire après l'extraction de la 3^{ème} molaire.

(B) Distalisation en masse des molaires et prémolaires mandibulaires à l'aide d'une plaque d'ancrage.

(C) Recul en masse du secteur antérieur

Kyu-Rhim Chung et al. (23) vont également en 2011 reporter un cas de distalisation des molaires mandibulaires à l'aide des miniplaques nommées « C-tube » (figure 22). Le C-tube est placé au niveau de l'os alvéolaire entre les racines ou alors au niveau de l'os cortical au dessus de l'os alvéolaire. En effet, ces zones de positionnement sont beaucoup plus basses et plus accessibles que le processus zygomatique lors de l'utilisation des deux autres systèmes de miniplaques.

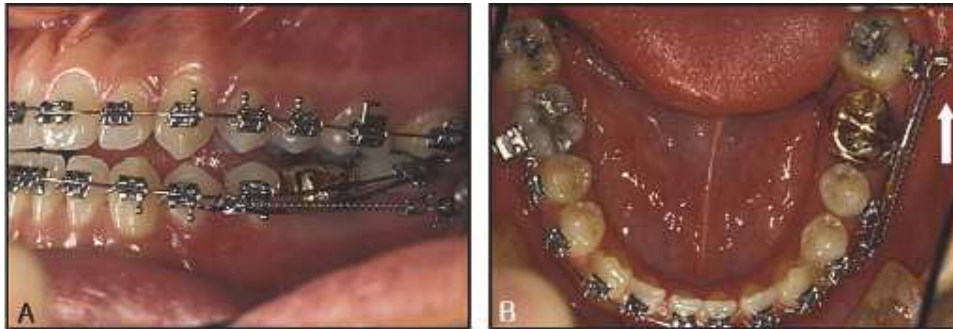


Figure 22: C tube pour la distalisation des molaires mandibulaires (23)

1.3. Distalisation des molaires maxillaires

Les miniplaques peuvent également être utilisées afin de distaler les dents postérieures maxillaires, mais également pour éviter la perte d'ancrage lors de la rétraction du segment antérieur (figure 23). En effet, le principe reste le même que pour la distalisation des molaires mandibulaires.

Une première recherche menée par J. Sugawara en 2006 (4) expose cette distalisation des molaires maxillaires. Cette étude inclut 25 patients adultes traités avec un système d'ancrage squelettique. Les résultats sont comparés à l'aide de tracés céphalométriques : mode de distalisation, différence entre les résultats souhaités et obtenus et influence de l'âge du patient.

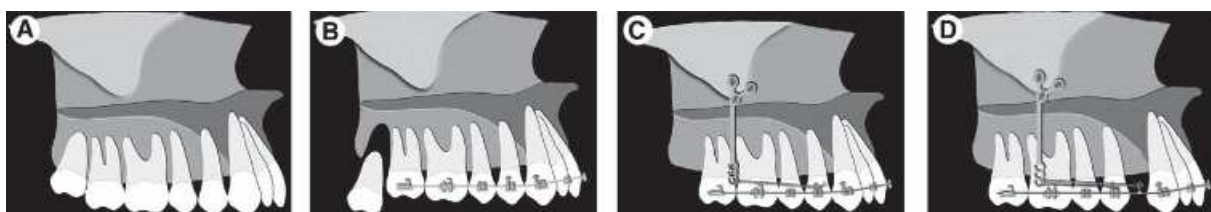


Figure 23: Distalisation des molaires maxillaires. (2)

(A) Arcade maxillaire.

(B) Nivellement et alignement des l'arcade maxillaire après l'extraction de la 3^{ème} molaire.

(C) Recul en masse des molaires et prémolaires maxillaires grâce à une plaque.

(D) Recul en masse du segment antérieur

Résultats :

- La distalisation moyenne des premières molaires maxillaires s'élève à 3,78 mm au niveau de la couronne et 3,20 mm au niveau de la racine.
- On observe une distalisation des molaires sans rapport avec l'âge des patients et parfois sans extractions des troisièmes ou deuxièmes molaires.

Ainsi les encombrements antérieurs et la protrusion maxillaire peuvent être corrigés par distalisation molaire à l'aide de ces ancrages temporaires.

Dans une deuxième étude de cohorte menée en 2007 par H. De Clerck (29) , 31 mini plaques ont été posées sur les crêtes des processus zygomatiques des maxillaires chez 17 patients adultes, donc sans croissance, en classe II uni ou bilatéral. Les premières et deuxièmes molaires sont présentes du côté de la classe II. Sur ces 17 patients, 10 n'avaient pas de contacts inter incisifs. Le but de cette étude était d'étudier la distalisation des molaires maxillaires à l'aide de miniplaques (figures 24 et 25).

Deux mois avant la chirurgie, un appareil vestibulaire fixe a été posé au maxillaire incluant les canines, les incisives en malposition et les deuxièmes molaires.

Trois semaines après la pose des miniplaques, une force de 150 gf (1Newton= 101,97 gf) a été appliquée à l'aide d'élastiques afin de distaler les molaires. En premier lieu, les prémolaires ne sont pas collées.

C'est à l'aide d'un scanner des modèles fait avant puis après traitement que cette étude va pouvoir comparer les résultats. Des logiciels informatiques vont permettre l'évaluation des plaques en s'intéressant au recouvrement, surplomb et les diamètres inter-canin et inter-molaire du maxillaire.



Figure 24: Distalisation molaire (29)



Figure 25: Distalisation prémolo-
molaire (22)

Résultats :

- Une classe I d'Angle molaire à été retrouvée chez tous les patients après une période de 7 +/- 2 mois. Les molaires maxillaires ont été distalées sur une distance moyenne de 3,27 +/- 1,75 mm
- Surplomb : chez les 10 patients sans contact incisif avant le traitement, le surplomb et l'encombrement antérieur ont diminué. De plus, les phénomènes de friction dans le tube de la première molaire induisent l'arc à une traction distale, ainsi, non seulement les molaires se déplacent vers l'arrière mais les prémolaires, incisives et canines commencent également. Le second temps de traitement concernant la distalisation du segment antérieur sera donc diminué.
- Le recouvrement ne diminue que légèrement à la différence d'une apparition possible d'une béance lors de l'utilisation des forces extra orales par l'extrusion des molaires.

Ainsi, on a une meilleure stabilité de la dimension verticale par une traction horizontale avec une faible composante d'ingression vers la miniplaque.

- Les diamètres inter canins et inter molaires augmentent également.

❖ Cas clinique

Garçon âgé de 12 ans présentant une malocclusion de classe II subdivision gauche (figure 26)



Figure 26: Vues occlusales au T0. (12)

- L'examen radiologique ne montre aucun problème parodontal profond.
- Les rapports couronne/racine sont corrects et donc aucune contre-indication au déplacement dentaire orthodontique.

De part les compensations et l'asymétrie du jeune homme, le recul asymétrique du secteur 2 est décidé. Une plaque d'ancrage est posée au niveau de la 26 (figure 27). Ensuite, un appareillage multi attache est positionné aux deux arcades afin de contrôler au maximum les mouvements dentaires (surtout le recul du secteur 2 selon un mouvement de translation). (Figure 28)



Figure 27: Plaque d'ancrage au niveau du secteur 2. (12)



Figure 28: Recul du secteur 2 par traction sur plaque et contrôle par multi attache. (12)

Au bout de 20 mois de traitement, les objectifs sont atteints. L'occlusion de Classe I d'Angle au niveau des secteurs 2 et 3 est obtenue. L'occlusion obtenue est stable après un an de contention (figure 30).



Figure 30: Vues occlusales après 1 an de contention. (12)

Les mini-plaques sont une alternative simple et sûre aux forces extra orales pour distaler les dents maxillaires chez l'adulte. Cette approche permettrait de réduire encore d'avantage la nécessité d'extractions chez les patients ayant un encombrement ou une protrusion des dents antérieures.

2. Mésialisation

Selon H. De Clerck, « le besoin d'un recours à l'ancrage implantaire pour mésialer des molaires est moins net que pour d'autres applications » (15).

L'utilisation clinique la plus fréquente semble être dans le cas d'agénésie des deuxièmes prémolaires mandibulaires où la mésialisation des secteurs postérieurs est nécessaire sans qu'il n'apparaisse une linguoversion des incisives. Une fois encore, les effets indésirables semblent être diminués à l'aide de ces ancrages osseux. Comme lors de la correction d'une malocclusion de classe II décrite plus tard, la mésialisation des molaires va être accompagnée d'une friction entre les tubes molaires et l'arc ce qui avec alors permettre de distaler le secteur antérieur. Si cette conséquence s'exprime trop et que l'on veut alors stopper la linguoversion des incisives, il est recommandé de mettre en place une chaînette élastomérique de molaire à molaire.

La mésialisation des molaires maxillaires est recensée dans le rapport d'un cas clinique de Faber et al (30). L'analyse a été effectuée sur une femme dont les dents 15, 47 et 48 sont absentes et dont la 55 est encore présente mais très mobile. La patiente présente une classe II squelettique et des diastèmes maxillaires et mandibulaires.

Une miniplaque maxillaire a été posée à environ 5 mm de l'arc orthodontique afin de fermer l'espace laissé par la prémolaire 15 manquante par mésialisation des dents maxillaires postérieures. Cette option permet d'éviter le recours à la prothèse sur implant mais contraint le patient à subir deux chirurgies.

Résultats (figure 31) :

- Aucune mobilité de la plaque au cours du traitement n'a été observée.
- La dent 16 s'est déplacée mésialement de 7,4 mm jusqu'au contact proximal avec la 14.
- Les dents 17 et 18 ont avancé spontanément.

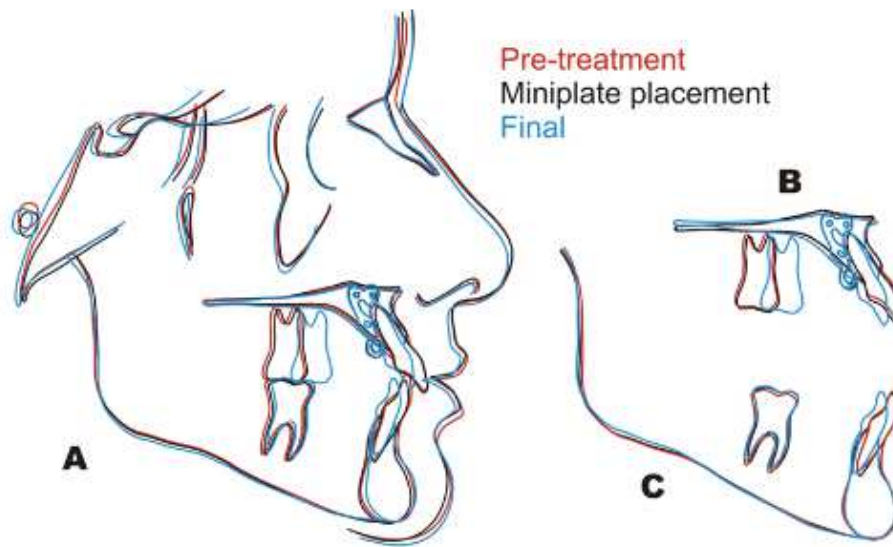


Figure 31: Superposition de tracés céphalométriques à trois moments différents du traitement. (30)

Cependant, il semble que l'utilisation des ancrages implantaires pour la mésialisation des molaires est limitée. Cette méthode ne doit, selon De Clerck, concerner que les cas où une linguoversion des incisives excessive est redoutée (11).

3. Le redressement molaire

La version coronaire mésiale de la seconde molaire mandibulaire après la perte de la première molaire inférieure est une situation clinique fréquente. Ainsi, le remplacement de cette première molaire est rendu difficile par le manque d'espace. Prothétiquement, afin d'aménager un espace suffisant, il sera nécessaire de procéder à une coronoplastie dans le meilleur des cas, voire même, ou alors dévitaliser la dent si cette mésialisation est trop avancée. C'est pourquoi un traitement orthodontique pré prothétique est largement nécessaire afin de préserver l'intégrité de la dent.

L'ancrage squelettique est une préconisé dans le cas de redressement des molaires enclavées ou mésioversées. Lors d'un traitement conventionnel, les forces de réaction engendrées durant le redressement sont importantes et ainsi apparaissent des effets parasites sur l'occlusion pré-existante. Ceci peut alors considérablement compliquer le traitement (coût du traitement, confort du patient, appareillage complexe).

Pour augmenter l'ancrage, l'orthodontiste intègre un grand nombre de dents dans le segment d'ancrage. Cependant même avec cette technique, l'égression de la molaire pendant son redressement est observée (11). Ainsi, l'ancrage squelettique par miniplaques permet un redressement de la molaire sans perturber le reste de l'occlusion et peut également combiner un ressort d'ingression en plus de celui de redressement. La molaire est donc redressée et prévenue de toute égression parasite.

Concernant les dents semi-incluses, il faudra en premier lieu effectuer le dégagement de la cuspide distale de la molaire pour venir y coller une attache.

C'est en 2004, que De Clerck et coll (31) publient les conclusions d'une étude de cohorte portant sur le redressement de molaires mandibulaires grâce au système Bollard. 37 miniplaques ont été posées chez 29 patients. Seulement 4 miniplaques ont dû être déposées, toujours au niveau molaire. La raison semble être la contamination par la poche mésiale de la deuxième molaire. Ainsi le site de pose semble être le plus adéquat entre la première prémolaire et la canine mandibulaires.

Un bracket sur la deuxième molaire mandibulaire est alors collé puis un ressort de repositionnement est fixé par une ligature au niveau du bracket et vient alors s'activer par une ligature au niveau de la gorge verticale de l'unité de fixation.

Une force d'intrusion est ajoutée dans la partie distale du tube molaire grâce à un ressort d'ingression. Cependant, une irritation de la joue accompagne souvent ces deux ressorts. C'est pourquoi un nouveau ressort nommé « ressort de Sander » a été conçu afin d'éviter cette irritation (figures 32 et 33).



Figure 32: Le ressort préfabriqué Sander. (20)

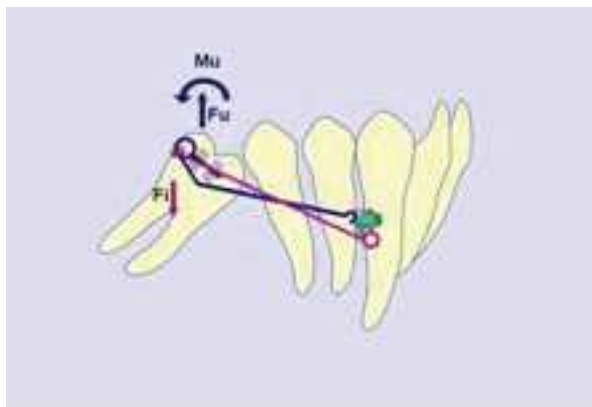


Figure 33: Redressement molaire. (20)

En bleu : le ressort de redressement. En violet : le ressort d'ingression

Résultats :

Grâce à ce système la durée du traitement est réduite, l'occlusion existante n'est pas modifiée car un bracket n'est collé que sur la seconde molaire. Enfin ce système permet en plus de repositionner la dent, d'éviter son égression grâce à l'utilisation d'un ressort d'ingression.

Les miniplaques d'ancrage peuvent donc largement être utilisées afin de traiter des patients dont certaines dents sont incluses, retenues.

Lorsque le diagnostic d'une dent incluse est posé, il est important que le traitement se fasse rapidement afin d'éviter la résorption des racines voisines, l'apparition de carie ou encore de problèmes parodontaux.

En cas d'inclusion des deuxièmes molaires mandibulaires, les miniplaques d'ancrage permettent au plan de traitement d'être plus prévisible, accompagné d'effets indésirables minimes.

- Cas clinique d'une molaire mandibulaire retenue par Miyahira (32) traitée par miniplaques chez un patient de 12 ans (figures 34, 35 et 36).



Figure 34: Radiographie panoramique initiale. (32)



Figure 35: Photographie de la miniplaque émergente au trigone rétro molaire. (32)



Figure 36: Radiographie panoramique finale.(32)

➤ Cas clinique reporté par Peres et al en 2016 (33)

Ce cas clinique montre lui aussi le remplacement d'une seconde molaire mandibulaire retenue chez un patient de 14 ans (figure 37).

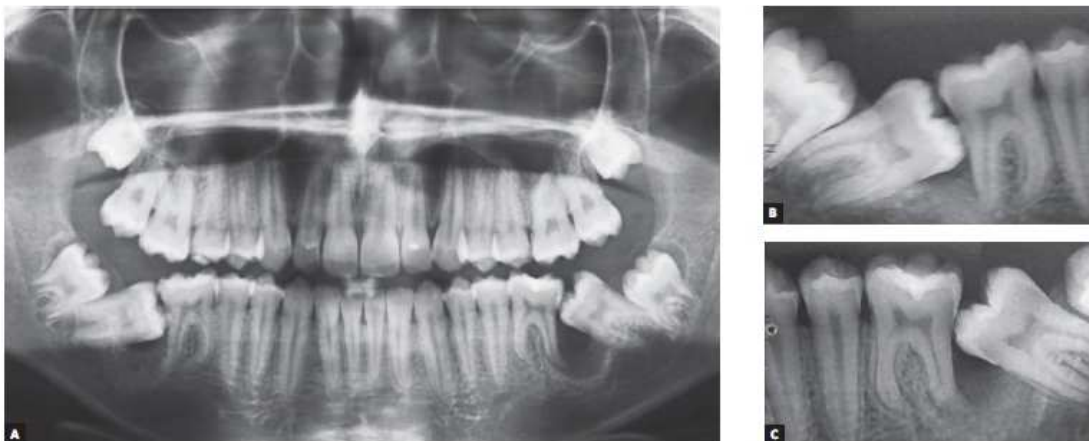


Figure 37: Radiographies initiales, avant traitement (33)

Tout d'abord l'énucléation du kyste a été réalisée. Puis une miniplaque a été posée dans la région prémolo-molaire des deux côtés. Les dents de sagesse mandibulaires ont été extraites.

Des boutons ont été placés sur la face vestibulaire des deuxièmes molaires inférieures, suivis du placement d'élastiques intermaxillaires avec une force de 150 g (bouche fermée) et environ 200 g (bouche ouverte).

Après cinq mois, les mini-plaques orthodontiques ont été déposées (figure 38).



Figure 38: Radiographie panoramique après traitement par miniplaque d'ancrage (33)

Remarque : le traitement peut sembler risqué de part le kyste au niveau de 37 et le risque de ne pas placer les deuxièmes molaires correctement (risque d'ankylose...).

4. Correction orthopédique d'une classe III

La classe III est caractérisée par une arcade inférieure en position mésiale par rapport à l'arcade maxillaire. Elle peut se manifester soit par une prognathie mandibulaire, soit par une rétrognathie maxillaire ou alors les deux en même temps. Cette déficience du maxillaire et/ou prognathisme mandibulaire a souvent pour conséquence un profil concave et une occlusion inversée antérieure.

Le traitement conventionnel des classes III va être soit :

- Orthopédique : en âge de croissance par l'utilisation de différents systèmes comme la fronde mentonnière en cas de prognathie mandibulaire ou encore le masque de Delaire en cas de déficit maxillaire. En effet, il s'agit de « lever certains verrous pour mettre la croissance sur de bons rails ». (34)
- Orthodontique : chez le patient adolescent ou adulte.

Cependant, malgré son utilisation majeure, le masque de Delaire entraîne souvent des effets indésirables tels que la rotation postérieure de la mandibule et l'augmentation de la dimension verticale de la face. De plus, on peut noter des compensations dentaires telles qu'une vestibuloversion des incisives supérieures et le redressement des incisives inférieures. Enfin, le port du masque nécessite une excellente coopération de la part du patient. (35)(36)

Le but du traitement est alors de stimuler la croissance antérieure maxillaire en minimisant les mouvements dento-alvéolaires afin de réduire la concavité de la face. C'est à dire maximiser les effets orthopédiques et de minimiser les effets dento-alvéolaires, ces derniers étant plus récidivants.

L'utilisation d'un ancrage squelettique par miniplaques afin de traiter des malocclusions de Classe III va permettre, à moyen terme, d'éviter le recours à un protocole orthodontico-chirurgical.

C'est en 2008 que Kircelli et Pektas (37) commencent à parler de cette nouvelle approche, montrant déjà de bons résultats. Ce protocole nécessite cependant encore l'utilisation d'un masque frontal. Le concept de traction orthopédique sur les miniplaques est alors lancé.

Une méta analyse datant de 2016, menée par Sahin et al (38) synthétise les articles scientifiques concernant les traitements orthopédiques des classes III par ancrage squelettique (type miniplaque).

Les tableaux ci dessous vont alors tirer une conclusion pour chaque article. (figure 39)

Table I
Bibliographical review.

Tableau I
Revue bibliographique.

Type	Question raised / Question posée	1st author (Country) / 1 ^{er} auteur (Pays)	Numbers / Effectif	Year / Année	Features of interest / Intérêt
Article 1	Original: clinical series / Original : série clinique Study of cephalometric results (Sassouni) after six months of treatment / Étudier les effets céphalométriques (Sassouni) après six mois de traitement	Kireelli BH (Turkey) / Kireelli BH (Turquie)	6 patients	2008	Efficacy (clinical and cephalometric) in the 6 patients / Efficacité sur les 6 patients (clinique et céphalométrique)
Article 2	Original: clinical series / Original : série clinique Compare the cephalometric results with Delairé face mask or traction with bone anchors / Comparer les effets céphalométriques entre le masque de Delaire et les tractions sur plaques d'ancrage	Cevdanas L (USA) / Cevdanas L (États-Unis)	21 patients	2010	Encouraging results / Résultats encourageants Traction with miniplates is more effective with fewer unwanted side effects: statistically significant / Les tractions sur plaques sont plus efficaces avec moins d'effets parasites statistiquement significatifs
Article 3	Original: clinical series / Original : série clinique Cephalometric results (Ricketts) after one year of treatment / Effets céphalométriques (Ricketts) après un an de traitement	De Clerck H (USA/Bel) / De Clerck H (États-Unis/Bel)	21 patients	2010	Statistically significant efficacy compared with control population / Efficacité statistiquement significative par rapport à une population témoin
Article 4	Original: clinical series / Original : série clinique Morphometric analysis (cone beam) of maxillary and mandibular effects / Analyse morphométrique (cone beam) des effets maxillaire et mandibulaire	Baccetti T (Ita) / Baccetti T (Ita)	26 patients	2011	Sagittal movements of the maxilla are statistically significant (4 mm on average); little effect on the mandible / Les mouvements sagittaux du maxillaire sont statistiquement significatifs (en moyenne 4 mm) ; il y a peu d'action sur la mandibule
Article 5	Original: clinical series / Original : série clinique Effects of orthopedic traction on soft tissues: pogonion and upper lip / Effets sur les tissus mous des tractions orthopédiques : pogonion, et lèvre supérieure	Kaya D (Turkey) / Kaya D (Turquie)	15 patients	2011	Significant effects on soft tissues / Les effets sur les tissus mous sont significatifs A projection of the upper lip is noted (2 mm on average) / On note une projection (2 mm en moyenne) de la lèvre supérieure
Article 6	Original: clinical series / Original : série clinique Evaluate success rate of miniplate placement / Évaluer le taux de succès de pose de plaque	De Clerck EE (Bel) / De Clerck EE (Bel)	25 patients (100 plates) / 25 patients (100 plaques)	2011	With the same surgeon: success rate of 97% / Par un même chirurgien : le taux de succès est de 97 %
Article 7	Focus article / Mise au point Review of orthodontic and surgical techniques; maxillary effects in 3D / Rappels sur la technique orthodontique et chirurgicale ; et sur les effets maxillaires en 3D	Nguyen T (USA) / Nguyen T (États-Unis)		2011	Movements concern the maxillomalar sutures / Les mouvements intéressent les sutures maxillomallaires

Table I
Bibliographical review. (Continued)

Tableau I
Revue bibliographique. (Suite)

Type	Question raised / Question posée	1st author (Country) / 1 ^{er} auteur (Pays)	Numbers / Effectif	Year / Année	Features of interest / Intérêt
Article 8	Focus article / Mise au point Effects on the mandible and the glenoid fossa in 3D / Effets sur la mandibule et sur la fosse glénoïde en 3D	De Clerck H (Bel) / De Clerck H (Bel)		2012	Need to perform a study on bone remodeling in the glenoid fossa; only minor mandibular movements / Nécessité de réaliser une étude sur les remaniements osseux de la fosse glénoïde ; les mouvements mandibulaires sont mineurs
Article 9	Technical note / Note technique Surgical technique for miniplate placement / Technique chirurgicale de mise en place des plaques	Mathur A (India) / Mathur A (Inde)		2012	Review of incisions and modalities for osteosynthesis / Rappel sur les incisions et les modalités d'ostéosynthèse
Article 10	Original: clinical series / Original : série clinique Three-dimensional morphometric study versus monitoring of airway volumes / Étude morphométrique tridimensionnelle versus contrôle du volume des voies aériennes supérieures	Nguyen T (USA) / Nguyen T (États-Unis)	28 patients	2014	Absence of reduction in oropharyngeal volume / Absence de réduction du volume oropharyngé
Article 11	Original: clinical series / Original : série clinique Comparison of the effects of two skeletal anchorage protocols / Comparaison des effets de deux protocoles d'ancrage squelettique	Sar C (Turkey) / Sar C (Turquie)	51 patients	2014	Traction with miniplates is more effective with fewer unwanted side effects: statistically significant / Les tractions sur plaques sont plus efficaces avec moins d'effets parasites statistiquement significatifs
Article 12	Review of the literature / Revue de littérature Evaluation of the efficacy of maxillary protraction with bone anchorage versus dental anchorage / Évaluation de l'efficacité de la protraction maxillaire à ancrage squelettique versus ancrage dentaire	Feng X (China) / Feng X (Chine)	116 patients	2012	Statistically significant efficacy compared with control population / Efficacité statistiquement significative par rapport à une population témoin
Article 13	Original: clinical series / Original : série clinique Morphometric analysis (cone beam) of maxillomalar effects / Analyse morphométrique (cone beam) des effets maxillomallaires	Hino CT (Brazil) / Hino CT (Brésil)	46 patients	2013	Dental effects are predominant in almost half the patients wearing the tooth-anchored face mask / Les effets dentaires prédominent chez près de la moitié des patients portant le masque facial à ancrage dentaire Maxillary displacement is mostly vertical in almost a third of these patients compared with less than 20% with bone anchorage / Le déplacement maxillaire est majoritairement vertical chez près d'un tiers de ces patients, contre moins de 20 % en ancrage osseux
Article 14	Original: clinical series / Original : série clinique Morphometric analysis (cone beam) of mandibular effects / Analyse morphométrique (cone beam) des effets mandibulaires	Nguyen T (USA) / Nguyen T (États-Unis)	25 patients	2014	Retraction of chin and condyles, closure of gonial angle / Recul du menton et des condyles et fermeture de l'angle gonion

Table I
Bibliographical review. (Continued)

Tableau I
Revue bibliographique. (Suite)

Type	Question raised / Question posée	1st author (Country) / 1 ^{er} auteur (Pays)	Numbers / Effectif	Year / Année	Features of interest / Intérêt
Article 15 [23] Clinical case / Cas cliniques	Description of a maxillary protraction device with palatal bone anchorage / Description d'un dispositif de protraction maxillaire à ancrage osseux palatin	Favero L (Italy) / Favero L (Italie)	1 patient	2012	Dento-alveolar effect is predominant / Effet dento-alvéolaire prédominant
Article 16 Review of the literature with meta-analysis / Revue de littérature avec méta-analyse	Evaluation of the efficacy of bone-mounted devices; comparison with dental anchorage / Évaluation de l'efficacité des dispositifs osseux ; comparaison aux ancrages dentaires	Major MP (Canada) / Major MP (Canada)	90 patients	2012	Alternative for non-compliant children / Alternative chez l'enfant non compliant More significant skeletal (orthopedic) effects and fewer dental side effects with bone-anchored devices / Effets squelettiques (orthopédiques) plus importants et effets secondaires dentaires moindres avec les dispositifs à ancrage squelettique
Article 17 Animal study / Étude animale	Orthopedic efficacy in dogs / Efficacité orthopédique chez le chien	Ito Y (Japan) / Ito Y (Japon)	10 dogs / 10 chiens	2013	Significant orthopedic maxillary projection / Avancée maxillaire orthopédique significative
Article 18 Technical note / Note technique	CT-scan evaluation of pre-operative maxillary bone volume / Évaluation tomographique du volume osseux maxillaire préopératoire	Präger TM (Germany) / Präger TM (Allemagne)	51 patients	2014	To fix anchorage miniplates, 7 mm screws can be used at the base of the pyriform aperture and 5 mm screws on the frontal process / Des vis de fixation des plaques d'ancrage de 7 mm à la base de l'orifice pyriforme et 5 mm sur l'apophyse frontale peuvent être utilisées
Article 19 Clinical case / Cas cliniques	Description of a new multipurpose maxillary device / Description d'un nouveau dispositif multi-usages maxillaire	Wilmes B (Germany) / Wilmes B (Allemagne)	1 patient	2014	Skeletal maxillary protraction and expansion, distalization of upper molars / Protraction et distalisation squelettiques maxillaire, distalisation molaire maxillaire
Article 20 Clinical cases / Cas cliniques	Maxillary protraction using skeletal anchorage by miniplate / Protraction maxillaire sur plaques d'ancrage squelettique	Degata S (India) / Degata S (Inde)	2 patients	2015	Skeletal protraction with maxillomandibular intraoral elastics; simultaneous expansion with tooth-borne Hyrax / Protraction squelettique sur élastiques intraoraux maxillomandibulaires ; distension simultanée avec Hyrax à appui dentaire
Article 21 Original: clinical series / Original : série clinique	Comparison of tooth-borne versus bone-anchored maxillary protraction / Comparaison de la protraction maxillaire à ancrage dentaire versus squelettique	Ngan P (USA) / Ngan P (États-Unis)	40 patients	2015	Skeletal anchorage is effective for the prevention of dental side effects (incisal labioversion) and provides better vertical control / L'ancrage squelettique est efficace dans la prévention des effets secondaires dentaires (vestibuloversion incisive) et permet un meilleur contrôle du sens vertical

Figure 39: Résultats de la méta-analyse sur 21 articles différents. (38)

L'orthopédie dans ces Classes III par traction intermaxillaire sur ancrage squelettique est une technique apportant de bons résultats. En effet, son efficacité est indiscutable avec des effets dento-alvéolaires quasi-nuls (39).

Il ressort de tous ces articles trois grands intérêts à l'utilisation d'ancrage squelettique :

- La majorité des traitements sont plus courts avec des effets squelettiques purs, et accompagnés de moins de récurrences à moyen et long terme.
- Une meilleure coopération du patient au traitement car le protocole est moins contraignant, ainsi une meilleure observance.
- Dans un certain nombre de cas, ce traitement interceptif permettrait d'éviter un protocole orthodonticochirurgical (40).

Cependant, il faudrait améliorer la reproductibilité de cette thérapeutique. En effet, ce traitement est souvent amélioré par l'expérience de l'opérateur. (La profondeur du vestibule est moindre du fait d'un développement vertical du maxillaire minime et la corticale osseuse externe du maxillaire est mince.)

De plus, l'anesthésie générale pourrait être évitée chez des patients dociles.

Enfin, il est indispensable d'attendre l'éruption de la canine et de la première prémolaire afin de libérer la place nécessaire au placement des miniplaques à la mandibule. Ainsi, l'orthodontiste est obligé de ne réaliser cette traction orthopédique qu'à partir de douze ans ou plus, contrairement à l'utilisation du masque de Delaire. (41)

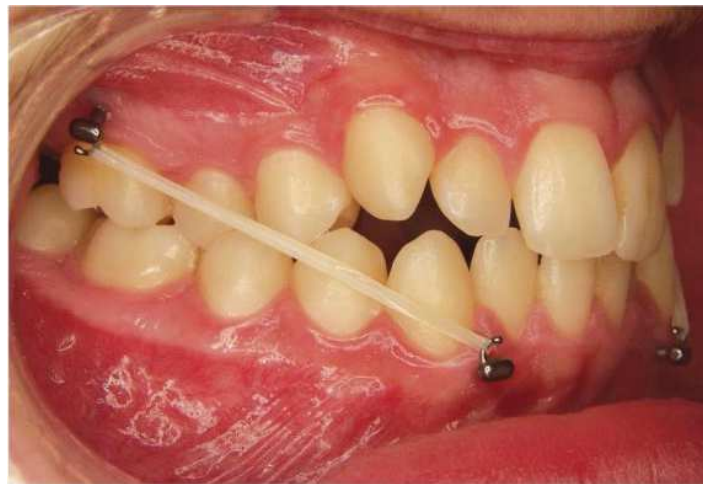


Figure 40: Correction orthopédique d'une Classe III à l'aide des miniplaques d'ancrage. (42)



Figure 41: Schéma de localisation des miniplaques. (43)

Quatre miniplaques sont posées sur les crêtes du processus zygomatic du maxillaire et entre l'incisive latérale et la canine mandibulaires (figures 40 et 41). Trois semaines après la pose, une force orthopédique est appliquée à l'aide d'élastiques de classe III tendus entre les miniplaques supérieures et inférieures. Les élastiques sont changés tous les jours engendrant des forces de 100gf par côtés (figure 42). Un plan de morsure est mis en place après un ou deux mois et les élastiques sont remplacés pour une force de 200 gf par côtés. Après 7 à 12 mois de traitement le plan de morsure est déposé. La traction est maintenue durant 12 à 16 mois.



Figure 42: Correction orthopédique d'une Classe III à l'aide d'ancrages squelettiques
(21)

5. Correction d'une classe II d'Angle

Dans un traitement conventionnel, une malocclusion de classe II peut être corrigée grâce à l'extraction des premières prémolaires maxillaires. Le sourire gingival accompagnant souvent une classe II division 2 peut nécessiter une intervention chirurgicale orthognathique. Cependant, nous allons voir à travers plusieurs cas cliniques, que, grâce aux miniplaques cela ne semble parfois plus nécessaire. La correction d'une classe II d'Angle peut alors se faire sans l'extraction des prémolaires.

Dans des cas plus sévères, l'extraction des prémolaires est inévitable et les miniplaques seront utilisées afin de terminer le traitement.

5.1. Sans extraction des prémolaires

C'est H. De Clerk et al qui en 2006 (5), réalisent une étude sur l'utilisation des miniplaques d'ancrage chez des patients adultes présentant une classe II d'Angle ne nécessitant pas d'extraction. D'autres cas seront reportés plus tard par Nishimura et coll.
(44)

Tous les traitements suivent le plan suivant afin de distaler toute l'arcade maxillaire :

- **Extractions éventuelles des troisièmes molaires**
- **Nivellement et alignement de l'arcade supérieure grâce à un appareil fixe**
- **Pose des ancrages :**

Les miniplaques sont placées au niveau de la crête du processus zygomatique au dessus des apex afin d'éviter toute interférence durant le mouvement de distalisation. La pose est réalisée sous anesthésie locale.

- **Recul du secteur postérieur (figure 43) :**

La distalisation des premières molaires maxillaires peut alors commencer grâce à un ressort hélicoïdal fermé (comportant également un crochet coulissant) placé au niveau du fil entre le bracket de la canine et le tube molaire. Donc, le ressort (en orange) va être poussé au niveau du tube molaire par un élastique tendu entre le crochet du fil et une extension de l'ancrage Bollard.

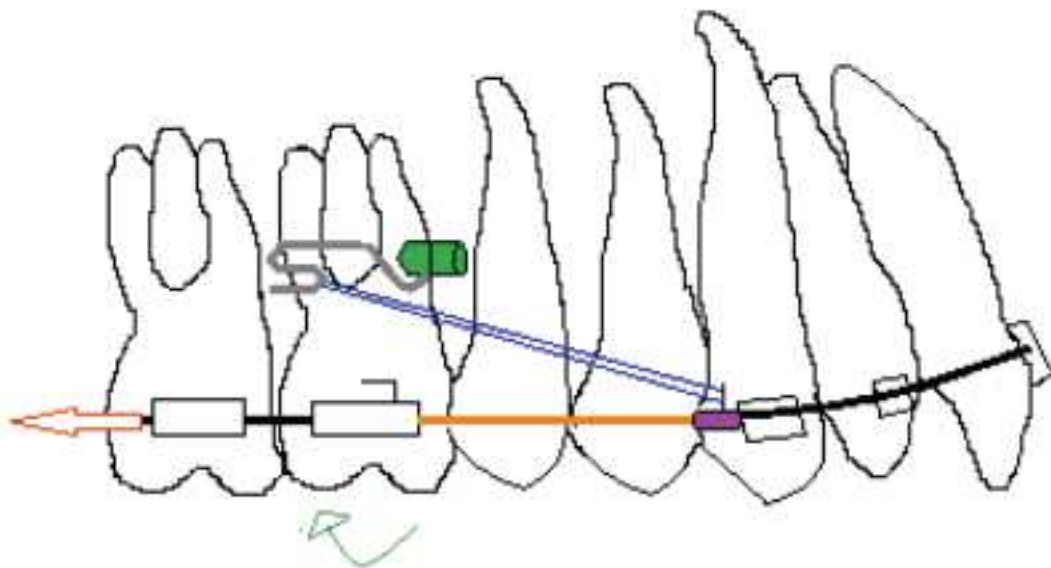


Figure 43: Schéma du recul du secteur postérieur. (5)

La traction élastique entre l'extension en « S » de l'implant et le crochet du fil de l'arc (violet) va tirer le ressort contre le tube molaire. Ce ressort (orange) pousse contre la première molaire qui tend alors à subir une rotation autour de sa racine : il est donc indispensable de coller également les secondes molaires.

D'après H. De Clerck (15), il est conseillé de reculer les premières et deuxièmes molaires en même temps et de ne pas coller les prémolaires. Ainsi, par traction sur les fibres supra crestales, les deuxièmes prémolaires voire même les premières vont suivre partiellement ce recul.

Il est important de noter qu'à ce stade du traitement, les canines et les incisives sont également distalées contrairement à une thérapeutique classique où seules les prémolaires suivent un peu ce mouvement. Ainsi le surplomb et l'encombrement antérieur commencent à diminuer. Cette rétraction est arrêtée par l'occlusion. Ainsi la correction du surplomb peut être complète s'il n'y a pas de supraclusion pendant cette distalisation molaire.

- **Fermeture des espaces créés (figure 44)**

Le collage des prémolaires et incisives est alors réalisé. Afin de maintenir les molaires en classe I, des ressorts sont placés. Entre les canines et les miniplaques des élastiques sont mis en place afin de distaler les canines. Ainsi, on ferme les espaces encore présents entre les canines et les premières prémolaires.

De plus, la friction à l'intérieur des brackets canins va permettre de réduire le surplomb.

A noter que, pour éviter des rotations indésirables, les plots distaux des brackets des canines sont attachés à l'arc avec une ligature.

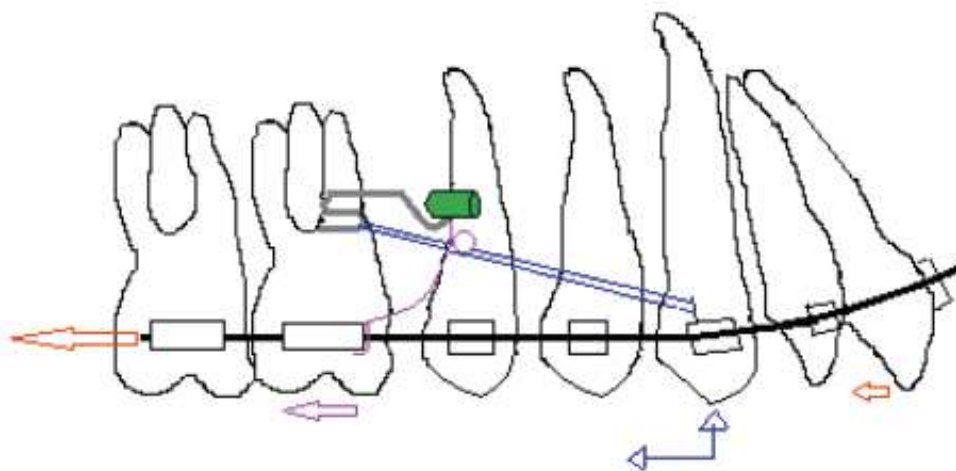


Figure 44: Schéma de la fermeture des espaces créés. (5)

Ressorts mainteneurs de molaires en violet

- **Correction du recouvrement et du surplomb résiduels (figure 45)**

Les espaces entre canines et molaires sont alors fermés. La correction du surplomb résiduel et du recouvrement peut alors commencer. C'est grâce à un arc possédant une boucle en « T » que cette correction pourra avoir lieu. En effet, ce fil va permettre d'ingresser et de rétracter les incisives (flèches noires). Ces boucles vont être activées en pliant le fil vers le haut et en distal par rapport aux premiers tubes molaires. On laisse les élastiques entre les canines et les miniplaques afin de maintenir l'occlusion de classe I et d'empêcher ainsi la mésialisation du secteur postérieur (flèches bleues). Un arc transpalatin est mis en place afin d'éviter toute rotation molaire (flèche orange).

Il est important de garder cette classe I afin de conserver un contact vertical entre canines et dents inférieures permettant d'empêcher tous mouvement d'égression des canines par les forces de réactions engendrées par cette correction. (flèches vertes)

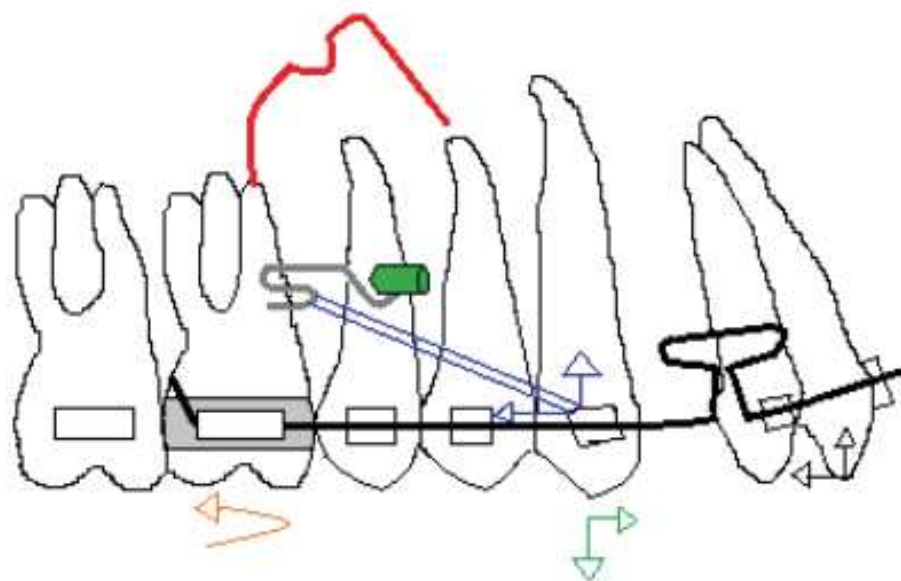


Figure 45: Schéma de la rétraction et intrusion des incisives (5)

Enfin, un arc de finition continu est mis en place.

Plus récemment, en 2014, Nishimura et coll. (44) rapportent également le cas d'un traitement sans extraction d'une malocclusion de Classe II Division 2 chez un adulte dont la supraclusion et le sourire gingival ont été corrigés de façon prévisible, en utilisant de façon combinée deux miniplaques et une minivis (figure 46).

La patiente japonaise âgée de 22 ans présente une classe II division 2, un sourire gingival associée à un profil long et convexe. Deux options thérapeutiques s'offrent à elle afin d'obtenir une occlusion stable et corriger son sourire gingival :

- Extraction des premières prémolaires maxillaire ainsi que la mise en place d'une mini vis pour corriger le sourire gingival
- Mise en place de deux miniplaques pour la distalisation des molaires maxillaires sans extraire de prémolaires ainsi qu'une minivis pour corriger le sourire gingival



Figure 46 : Photographies avant traitement. (44)

L'option 2 a donc été choisie par la patiente qui ne verra pas ses deux prémolaires extraites.

Dans le traitement des classes II division 2, l'obtention d'un surplomb et d'un recouvrement optimal avec un sourire gingival est un objectif de traitement difficile à obtenir. Les méthodes conventionnelles orthodontiques à l'aide d'un arc d'ingression posent souvent problème car une égression des dents postérieures est observée.

La rotation dans le sens horaire de la mandibule, provoquée par l'égression des dents postérieures aggrave le profil convexe de classe II chez de nombreux patients et entraîne une augmentation de la fréquence des récives chez les adultes également.

Il est alors nécessaire de trouver un traitement sans effets indésirables et sans besoin de coopération de la part de ces derniers.

Chez cette jeune patiente, trois semaines après la pose des miniplaques, la distalisation des segments postérieurs maxillaires commence à l'aide d'élastiques. Un arc transpalatin a été mis en place afin d'éviter la rotation des premières prémolaire (figure 47).

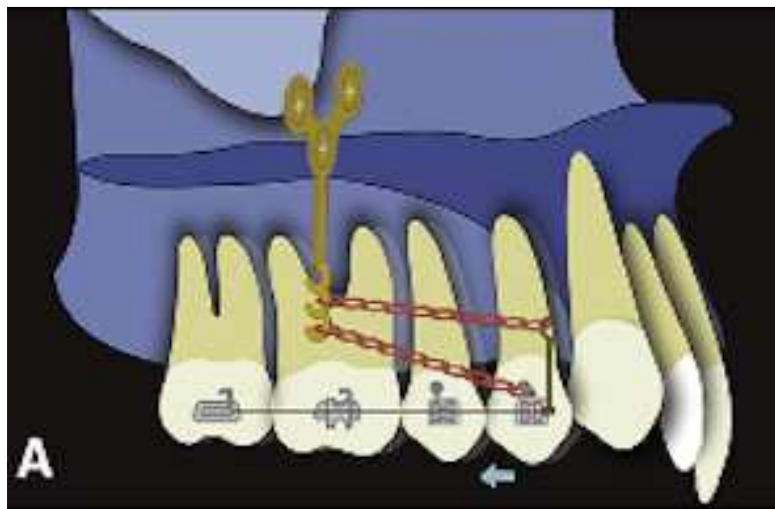


Figure 47: Mouvement distal du segment postérieur. (44)

Quatre mois plus tard, des brackets sont collés au niveau du secteur antérieur ainsi qu'une minivis placée entre les deux incisives centrales maxillaires au niveau de leurs apex (figure 48).

L'alignement et le nivellement de l'ensemble du maxillaire ainsi que l'ingression des incisives maxillaire commencent à l'aide d'un fil élastique tendu entre la tête de la mini vis et l'arc entre les incisives centrales maxillaire. Après avoir engagé un fil rectangulaire rigide, le mouvement distal du maxillaire commence. La force orthodontique est délivrée entre les miniplaques et le bras de puissance placé entre canine et première prémolaire maxillaire.

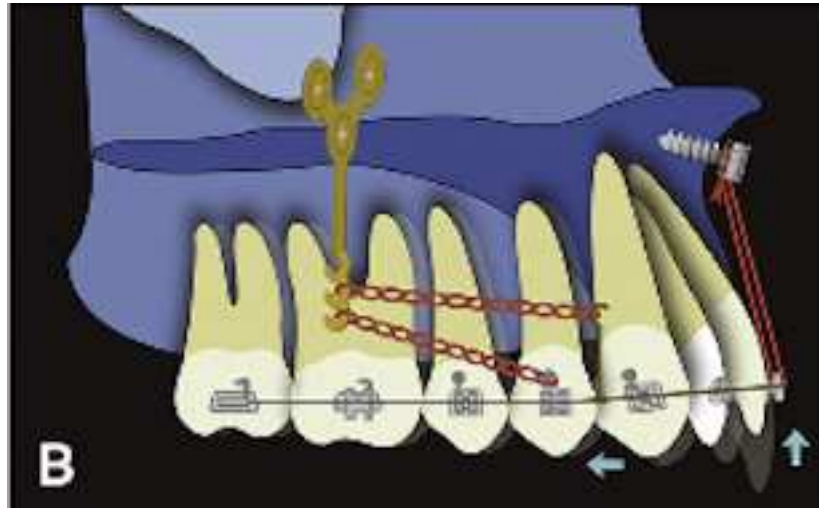


Figure 48: Ingression des incisives centrales maxillaire. (44)

Dix mois plus tard, le nivellement et l'alignement de l'arcade mandibulaire sont réalisés avec un arc nickel titane (figure 49). Les incisives maxillaires sont ingressées à l'aide de la minivis et les canines et prémolaires par des cantilevers d'ingression. Ces ressorts ont été insérés dans les tubes vestibulaires collés sur la tête des miniplaques. Une seconde force d'ingression a été appliquée avec des fils élastiques tendus entre la miniplaque et la première molaire.

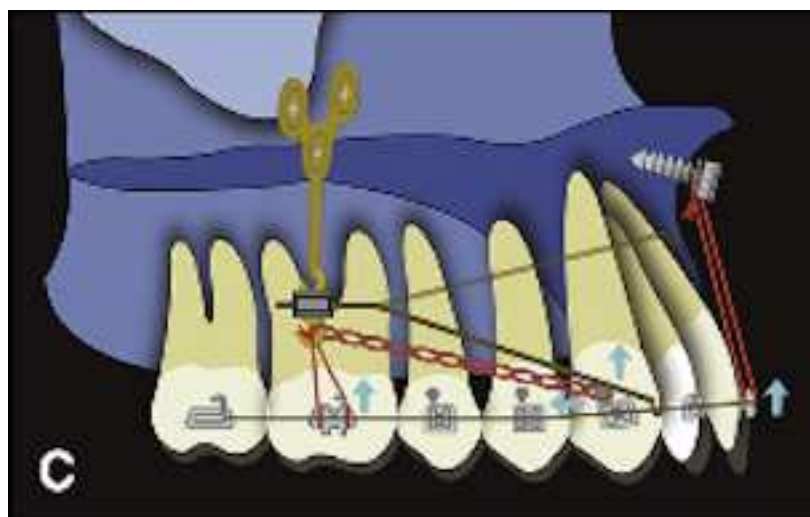


Figure 49: Mécanisme de distalisation des molaires et ingression des incisives maxillaires

Une fois l'ingression de l'arcade maxillaire réalisée, la distalisation de l'arcade est réalisée afin de corriger le surplomb et l'occlusion des molaires.

Durant la phase de finition, une occlusion fonctionnelle a été établie.

5.2. Avec extraction des premières prémolaires

Une nouvelle étude publiée par De Clerk en Cornelis en 2006 (22) étudie l'utilisation de miniplaques chez des patients possédant une classe II mais cette fois ci nécessitant l'extraction des premières prémolaires.

Plusieurs étapes sont nécessaires :

- **Distalisation canine et correction de l'overjet (figure 50)**

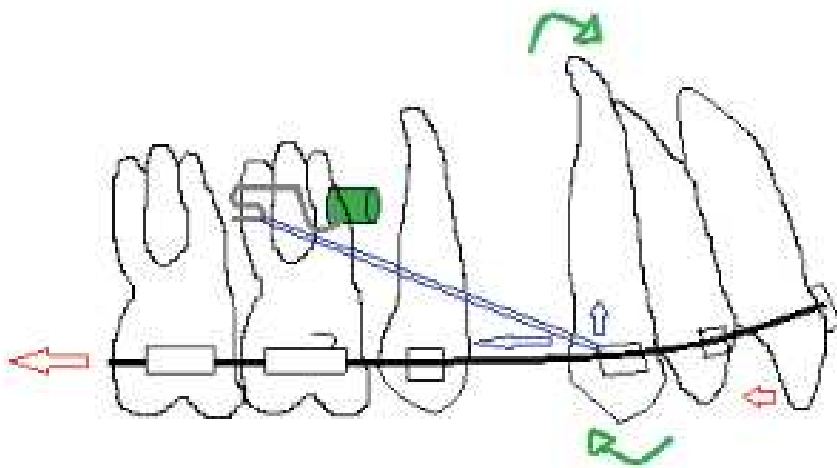


Figure 50: Schéma de la distalisation canine. (22)

En bleu les élastiques entraînant une force sur la canine (décomposée en flèches bleues).
Mouvement palatin des incisives (flèche rouge) par la friction émanant de l'interface fil-bracket canin qui entraîne le fil de l'arc en distal.

Les flèches vertes représentent le moment appliqué au niveau de la canine.

- **Recul du secteur incisif avec correction du recouvrement (figure 51)**

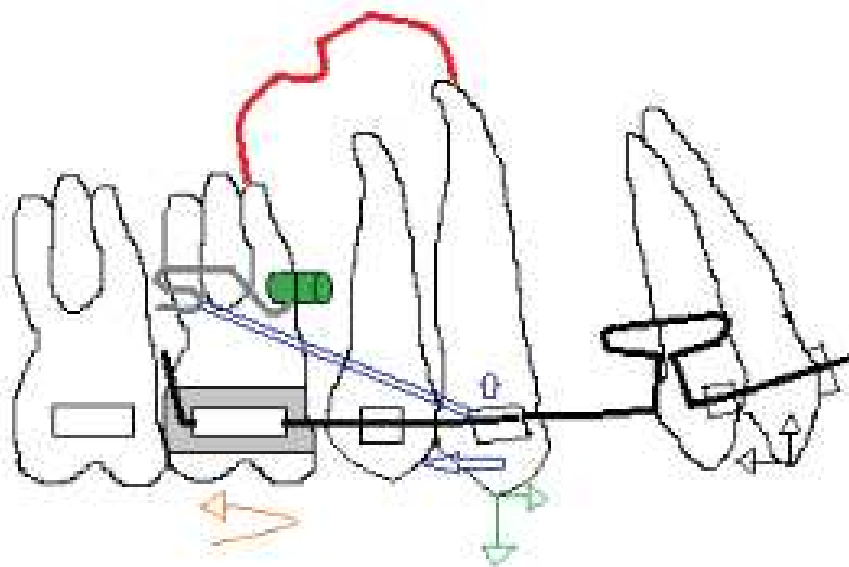


Figure 51: Schéma du recul du secteur incisif ainsi que la correction du recouvrement.

(22)

Les boucles en « T » vont permettre l'égression et la rétraction des incisives (flèches noires).

Les flèches vertes représentent les forces de réaction entraînant l'égression et la mésialisation des canines. Il est donc important d'attendre une classe I complète au niveau de la canine pour débiter cette seconde étape. Cette classe I est comme dans le cas précédent, conservée grâce à la traction élastique entre les miniplaques et les canines.

En rouge, un arc transpalatin afin d'éviter une fois encore la rotation molaire autour de la racine palatine.

Enfin un arc de finition continu est placé.

En 2011, Kyu-Rhim Chung et al (23) décrivent un cas clinique mené à l'aide de C-tube (figure 52).



Figure 52: A, Mésialisation initiale ; B, après 15 mois de traitement ; C, après 19 mois de traitement, sans même coller les dents postérieures (23)

Dans cet article, les auteurs reportent un autre cas d'utilisation de C-tube lors du traitement d'une classe II avec extraction des prémolaires mais ici en technique linguale (figure 53).



Figure 53: Utilisation de C-tube en technique d'orthodontie linguale : A, Stade initial ; B, après 2 mois de distalisation ; C, après 5 mois de distalisation ; D, après 8 mois de traitement ; E, vue occlusale en fin de traitement. Le traitement aura duré 12 mois. (23)

- ❖ Cas clinique de la correction d'une classe II d'angle par miniplaques d'ancrage par le Dr Siebert.

La patiente est une adolescente présentant en début de traitement une malocclusion au pronostic réservé : une importante classe II dentaire et squelettique, une dysharmonie dento-maxillaire importante et un contexte de croissance nettement hyper-divergent (figures 54).



A



B



C

Figure 54: A, Photographie extra orale ; B, Radiographie panoramique initiale ; C, Téléradiographie de profil initiale.

Ce type de malocclusion nécessite l'avulsion de quatre prémolaires et pose des problèmes d'ancrage afin d'éviter une dérive mésiale non contrôlée de l'arcade maxillaire au cours du traitement, qui pourrait faire perdre le bénéfice du gain d'espace obtenu par les extractions : il s'agit d'une distalisation en masse de l'arcade maxillaire.

En effet, les extractions des prémolaires maxillaires sont ici destinées à assurer un recul maximal du bloc antérieur.

Les plaques d'ancrage sont posées des deux cotés sous anesthésie locale par le Docteur Sophie Bahi-Gross pour permettre un contrôle optimal de l'ancrage sagittal des secteurs latéraux maxillaires ainsi qu'un contrôle vertical du plan d'occlusion pour éviter toute accentuation de l'hyper-divergence (figure 55). L'alternative aux plaques d'ancrage aurait été le port extrêmement assidu d'une traction extra-orale à appui occipital, mais au prix d'une coopération sans faille.

Une chaînette élastométrique est attachée en début de traitement (figure 55, A) sur le crochet serti sur l'arc en distal de la canine (arc 017*025).

Ensuite, cette chaînette est accrochée sur un crochet serti sur l'arc en distal de la latérale (figure 55, B) et faisant un détour sous l'arc afin de décaler distalement la ligne d'action tout en augmentant l'amplitude d'activation (par l'allongement de la longueur de la chaînette).

Enfin, (figure 55, C) cette chaînette est alors attachée à un crochet soudé sur un arc de section supérieure (arc 0,0215*0,025). La ligne d'action de la force passe approximativement par le centre de résistance du maxillaire supérieur, ce qui va permettre le recul en masse.



A



B



C

Figure 55: Recul du bloc antérieur à l'aide des miniplaques d'ancrage.



Figure 56: Photographies intra et extra orales à la fin du traitement (avant dépose des miniplaques).

6. La béance antérieure

La correction d'une béance antérieure est un des traitements les plus difficiles en orthodontie. Actuellement, l'impaction postérieure du maxillaire de façon chirurgicale est considérée comme le traitement le plus efficace chez les patients adultes.

A la fin des années 1990, Umemori et al (45) rapporte le succès d'un cas d'un patient avec une béance traitée par des miniplaques placées à la mandibule. On parle ainsi de « Le Fort 1 orthodontique » par analogie au geste chirurgical orthognathique de Le Fort 1.

Une autre étude menée par Erverdi et al (46), en 2004, recense 10 patients âgés de 17 à 23 ans caractérisés par une béance antérieure ainsi qu'une croissance maxillaire excessive, inclus dans cette étude. Des radiographies ont été réalisées avant et après traitement ainsi que 24 mesures successives.

Les miniplaques en forme de I ont été fixées à l'aide de deux minivis sous anesthésie locale au niveau zygomatique puis une force à été appliquée bilatéralement grâce à des ressorts de 9 mm entre la miniplaque et le tube au niveau de la première molaire (figures 57 et 58).

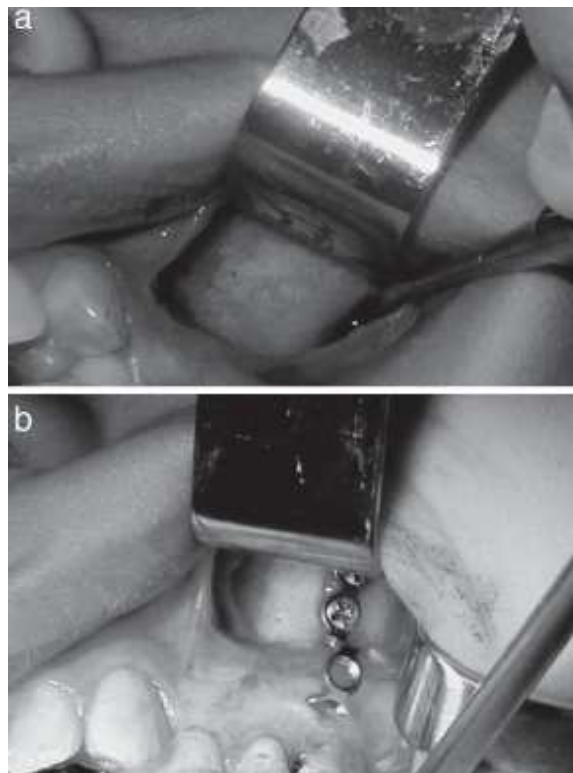


Figure 57: Lambeau muco périosté et fixation de la miniplaque. (46)

Chez tous les patients, un arc transpalatin adapté au niveau du palais a été mis en place. Les dents antérieures et postérieures sont alignées grâce à des arcs (phase de nivellement). Puis des ressorts sont placés bilatéralement entre la miniplaque et le tube de la première molaire.

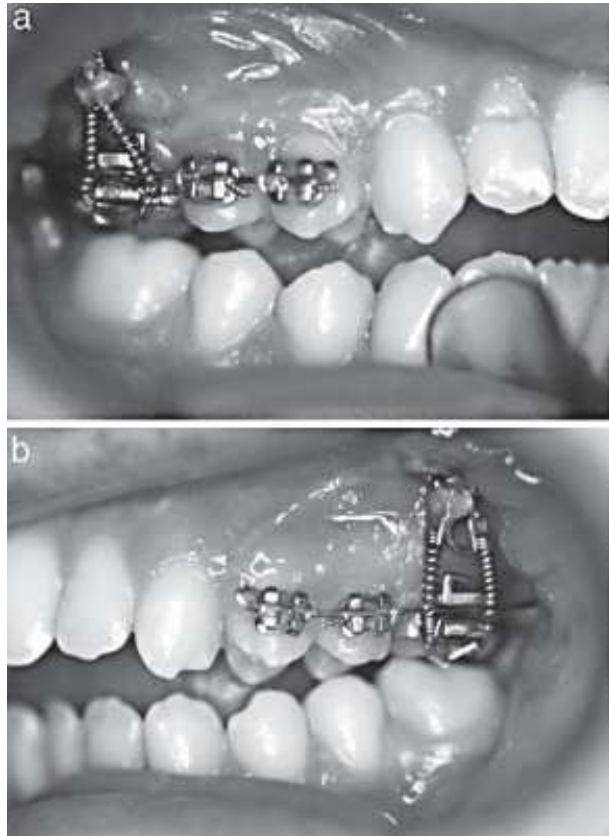


Figure 58: Mise en place de l'appareillage. (46)

La béance antérieure a été corrigée en une moyenne de 5,1 mois. La biomécanique du système est présentée ci dessous (figure 59). En effet, la rotation horaire du plan d'occlusion maxillaire va permettre la fermeture du compas mandibulaire par auto rotation mandibulaire (autour de l'axe charnière condylienne) :

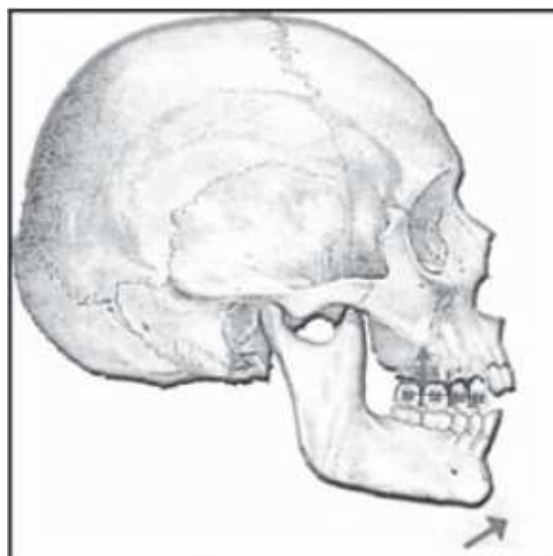


Figure 59: Biomécanique. (46)

L'ingression molaire se fait à l'aide d'une ligature verticale (figure 60).

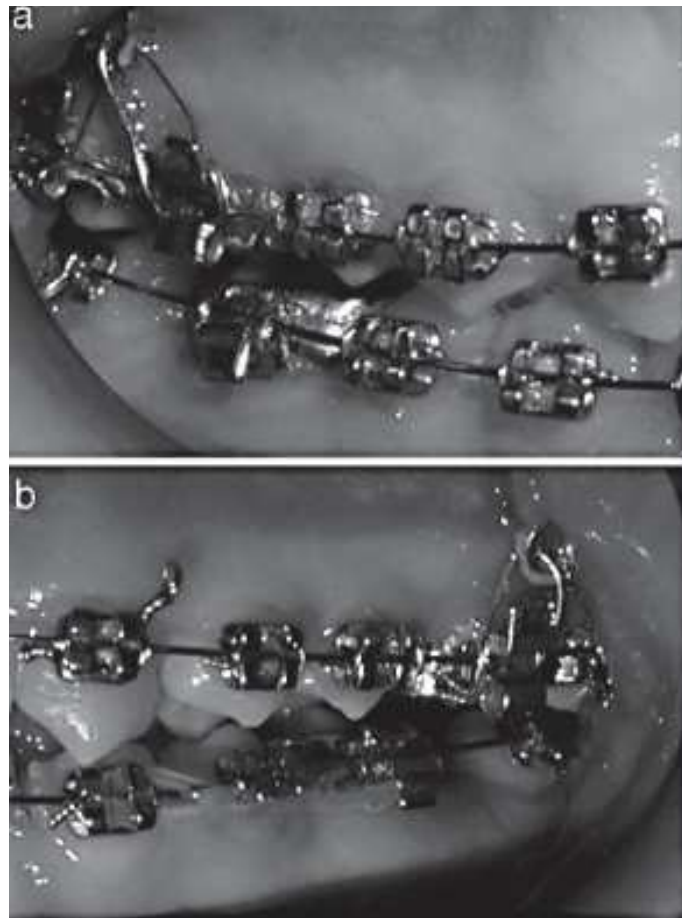


Figure 60: Photographies intra-buccales

La zone zygomatique peut être considérée comme étant la zone de confort de pose de miniplaques adaptée à l'ingression des molaires dans un court laps de temps.

La tendance actuelle, qui s'applique au traitement orthodontique, doit nécessiter un temps de traitement court et une coopération minimale des patients. Cette étude a montré que l'ancrage squelettique utilisé dans la correction des béances antérieures remplit ces deux critères. En effet, l'ancrage squelettique peut être utilisé de manière efficace pour corriger les béances chez ces patients adultes. La coopération du patient est minimale mis à part l'hygiène buccale irréprochable demandée au patient. C'est donc une technique peu invasive.

Plus récemment, en 2011, Kyu-Rhim Chung et al. (23) décrivent le traitement d'une bécance antérieure à l'aide de miniplaques de type C-tube (cross-type C-tube) placées au niveau postérieur chez une femme de 25 ans présentant une bécance antérieure afin d'ingresser le maxillaire postérieur (figure 61). Un arc transpalatin a été posé afin d'éviter la version vestibulaire des molaires. L'amélioration du surplomb antérieur est observé après 7 semaines de d'ingression des molaires maxillaires. Après l'ingression du secteur postérieur maxillaire, la distalisation des dents maxillaires a été obtenue en même temps, ainsi un surplomb et une supraclusion normales sont observés après 18 mois de traitement.



Figure 61: Traitement d'une bécance antérieure par des miniplaques de type C-tube. A et B, photographies intra orales au début du traitement ; C et D, après 7 mois d'ingression ; E et F, photographies post traitement. (23)

- ❖ Cas clinique d'une infraclusion antérieure corrigée par miniplaques d'ancrage par le Dr Siebert.

Le caractère principal de la malocclusion chez ce jeune patient de 16ans est l'importante infraclusion antérieure (figures 62 et 63). Deux plaques d'ancrage ont été posées au niveau des secteurs postérieurs maxillaires (figure 64).



Figure 62: Photographies intra et extra buccales initiales.

Cas du Dr T. Siebert



Figure 63: Téléradiographie de profil



Figure 64: Photographie intra buccale lors de la pose de la plaque



Figure 65: Mise en charge des miniplaques 15 jours après la pose

7. Ingression

C'est extrêmement difficile, voir même impossible, d'ingresser les molaires maxillaires ou mandibulaires à l'aide de méthodes orthodontiques classiques.

Les miniplaques d'ancrage squelettique, elles, vont permettre de palier à cette difficulté, allant jusqu'à la correction d'importantes béances sans avoir recours à la chirurgie orthognathique (vu ci-dessus).

L'ingression orthodontique va également permettre un aménagement pré prothétique.

7.1. Ingression d'une dent

L'extraction d'une molaire inférieure engendre l'égression de la molaire supérieure et inversement. Ainsi, le praticien doit souvent opter pour une attitude peu conservatrice et procéder à une réduction de la face occlusale de la dent pouvant aller parfois jusqu'à la dévitalisation de la dent égressée. C'est pourquoi le traitement orthodontique pré prothétique présente une alternative importante.

Dans une technique conventionnelle en orthodontie, lorsqu'une force d'ingression est appliquée sur la face vestibulaire de la molaire, une version vestibulaire de la molaire est engendrée. Il est donc nécessaire d'obtenir un contrôle tridimensionnel de leur direction d'ingression.

C'est une fois de plus De Clerck et al qui, en 2008 (47), vont décrire le cas d'une molaire maxillaire égressée.

La miniplaque d'ancrage est positionnée sur la crête du processus zygomatique du maxillaire. La dent à déplacer est, elle, munie d'une bague comportant un triple tube d'ancrage extra oral (tube en forme de Y) soudée parallèlement à l'axe longitudinal de sa racine, et donc perpendiculairement au plan d'occlusion. Enfin, pour éviter la vestibulo-version de la molaire, la partie inférieure du tube est fixée à distance de la bague molaire (figure 66).

Quinze jours après la pose de la plaque, un fil d'acier inoxydable de 1,1 mm lie la dent à l'ancrage osseux. Une petite portion de fil est soudée perpendiculairement au fil principal et pliée afin de d'obtenir deux crochets. Le fil principal est lui plié à 90° au dessus des crochets.

Un ressort hélicoïdal fermé de 100 gf est placé entre le tube molaire et un crochet est soudé sur la portion d'arc. Un mois plus tard, un deuxième ressort est ajouté. Ainsi, tout à long du traitement, la portion de l'arc qui dépasse de l'unité d'ancrage sera coupé.

Avec un tel système, le point d'application de la force se situe à distance du centre de résistance. Par conséquent, la vestibulo version crainte est limitée à la distance entre le fil et le tube d'ancrage extra oral. Le couple de forces appliqué au tube provoque une torsion et un léger redressement de la racine (figure 67).

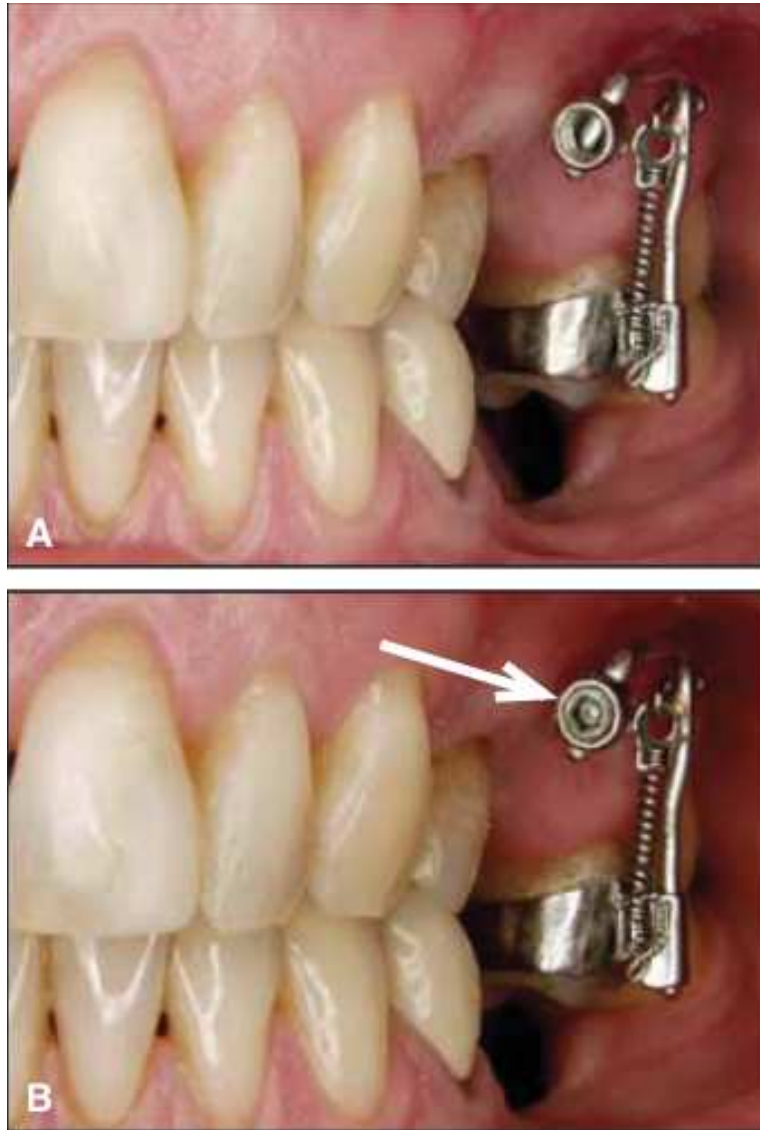


Figure 66: Photographies intra buccales du système d'ingression. (47)

A : le fil principal traverse les trous supérieurs et inférieurs de l'unité de fixation cylindrique. B : Fil fixé avec une vis de blocage (flèche).

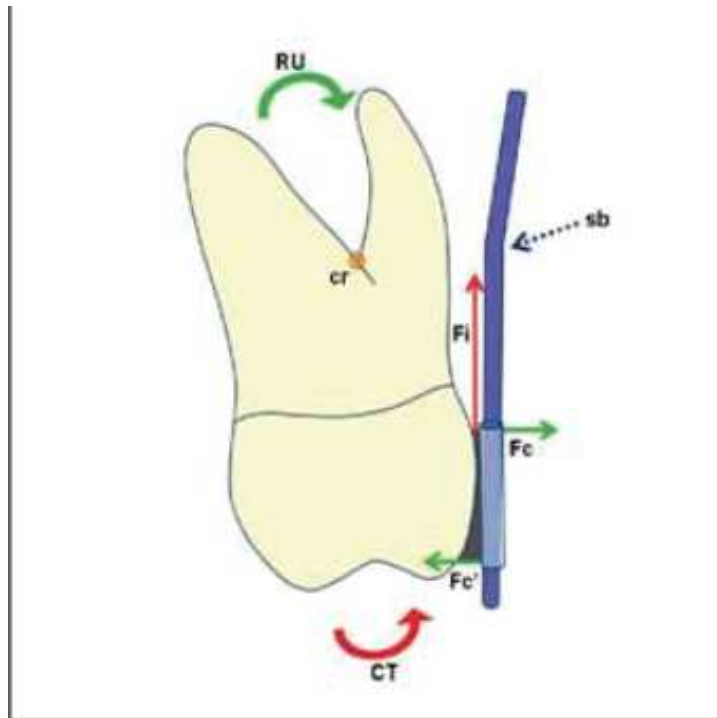


Figure 67: Schéma des forces appliquées à la molaire lors de son ingression (47).

La force verticale (F_i) appliquée à distance du centre de résistance (cr) de la dent va générer une version vestibulaire de la couronne (CT). Le couple de forces (F_c) redresse les racines (RU). Une petite courbure du fil peut être nécessaire afin d'éviter toute lésion des tissus mous (sb).

Enfin, l'utilisation des miniplaques pour l'ingression est fortement conseillée par rapport aux mini-vis. Une fois encore, les mini-vis, placées entre les racines, risqueraient d'interférer avec les racines des dents durant leur ingression.

❖ Cas clinique d'ingression d'une molaire par le Docteur Thibaut Siebert

La patiente présente une Classe III d'angle. Le but du traitement à l'aide d'une miniplaque n'est pas de corriger cette malocclusion mais de ré ingresser la dent 16 suite aux avulsions non compensées des molaires mandibulaires (figures 68 et 69).



Figure 68: Photographies intra et exo buccales initiales.



Figure 69: Radiographie panoramique initiale.

Le docteur Jean Christophe Lutz a posé sous anesthésie générale une mini plaque au niveau de la base de l'apophyse pyramidale à l'aplomb de la 16, puis le docteur Thibaut Siebert a posé deux mini-vis palatines de part et d'autre de la racine palatine de 16. La proximité du sinus maxillaire contre-indique ici la pose des mini-vis vestibulaires. La patiente portait un élastique tendu en hamac au dessus de la face occlusale de 16 entre la plaque et les deux mini-vis pour exercer une force ingressive. (figures 70 et 71)



Figure 70: Photographies suite à la mise en place et mise en charge de la miniplaque et de deux minivis palatines par le Dr Lutz.

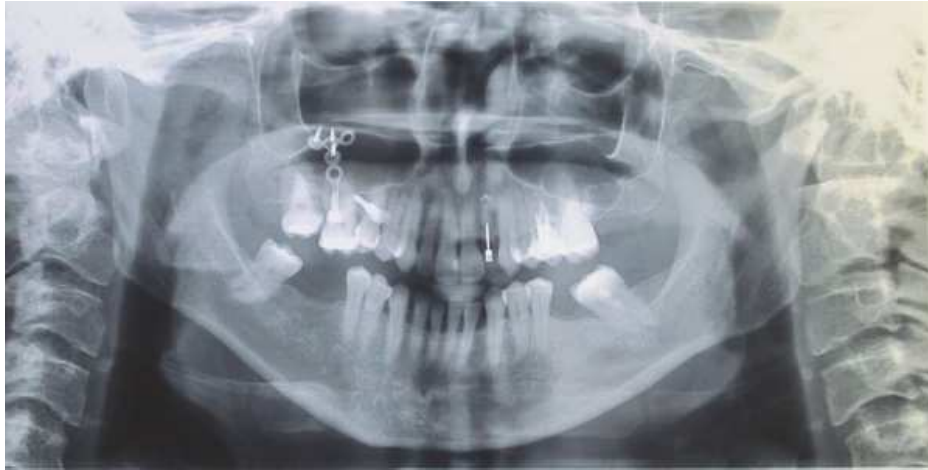


Figure 71: Radiographie panoramique après la pose de la miniplaque et des deux minivis.

La phase d'ingression de la 16 s'est étendue de mai 2015 à janvier 2016. Pour obtenir ce mouvement d'ingression, du stripping en mésial et distal de la dent a été réalisé afin de procurer l'espace proximal nécessaire en raison de la conicité de la molaire. La classe III a été corrigée à l'aide d'élastiques intermaxillaires de classe III en profitant des espaces existants à l'arcade mandibulaire (figure 72).



Figure 72: Photographies intra et extra buccales après traitement.

7.2. Ingression de plusieurs dents

Le traitement d'une asymétrie au niveau du plan occlusal est un défi majeur pour les orthodontistes. Malgré la complexité des procédures, les approches chirurgicales sont considérées comme la meilleure option. Cependant, la majorité des patients refusent cette lourde intervention. Le traitement se limite donc à un camouflage orthodontique. (48)

L'ancrage squelettique semble être une excellente alternative pour le traitement des asymétries. Grâce à ce système, la coopération du patient est moindre, les effets néfastes ainsi que la durée du traitement sont diminués.

C'est Farret et al (48) qui dans l'étude d'un cas clinique en juin 2016 reportent le traitement d'une asymétrie verticale grâce au système d'ancrage temporaire par miniplaques. Une miniplaque en Y a été posé au niveau de la crête zygomatique gauche afin d'ingresser les molaires maxillaires à l'aide d'élastiques délivrant une force de 200 gf. Ensuite la miniplaque a été utilisée afin de distaler les dents du côté gauche également afin de corriger la relation de classe II (figure 73). Une fois les corrections de l'arcade maxillaire effectuées, l'égression de l'arcade mandibulaire est entreprise à l'aide une fois encore de la miniplaque. Un élastique a été placé entre la miniplaque et les dents mandibulaires postérieures gauches (figure 74).



Figure 73: Ingression des molaires maxillaires gauches (miniplaque en Y) (48)

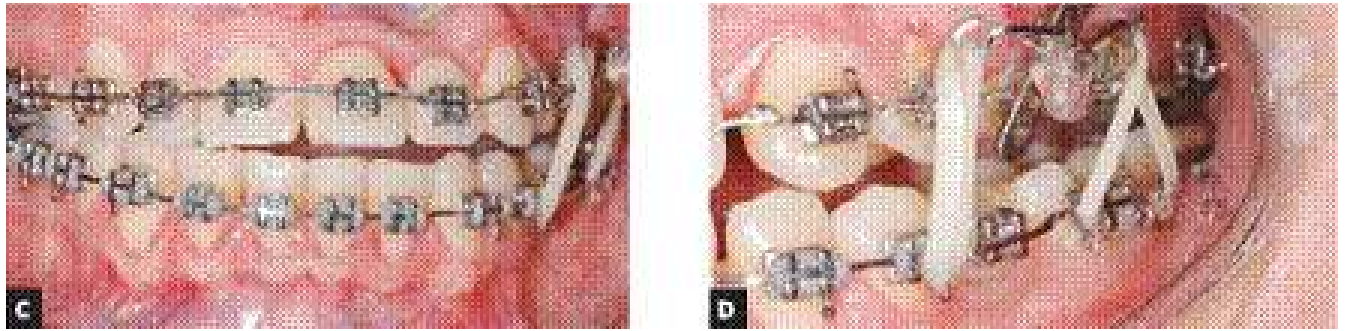


Figure 74: Egression des dents mandibulaires gauches. (48)



Figure 75: Finition après dépose de la miniplaque. (48)

A la fin du traitement, l'amélioration de l'esthétique du sourire est considérable. Le profil est amélioré grâce à la rotation anti-horaire de la mâchoire inférieure, la convexité est ainsi réduite et l'importance des lèvres et du menton est augmentée.

Le mouvement d'ingression est l'une des principales causes de résorption radiculaire. L'utilisation des miniplaques rencontre également ce problème, le patient devra donc être surveillé tous les 6 mois afin de vérifier si la résorption s'est arrêtée. De Clerck n'affirme aucun accroissement de l'importance des résorptions radiculaires par rapport à une technique conventionnelle. (15)

Aucune étude dans la littérature n'analyse au long court cette correction d'inclinaison du plan occlusal. Il est conseillé de mettre en place un appareil de contention (3-3 mandibulaire et appareil amovible maxillaire) durant au moins 6 mois afin de stabiliser le remodelage osseux. L'amplitude du mouvement obtenu grâce aux miniplaques est largement supérieure à celui obtenu lors d'un traitement conventionnel.

- ❖ Schémas d'ingression des molaires maxillaires (figure 76) et mandibulaires (figure 77).

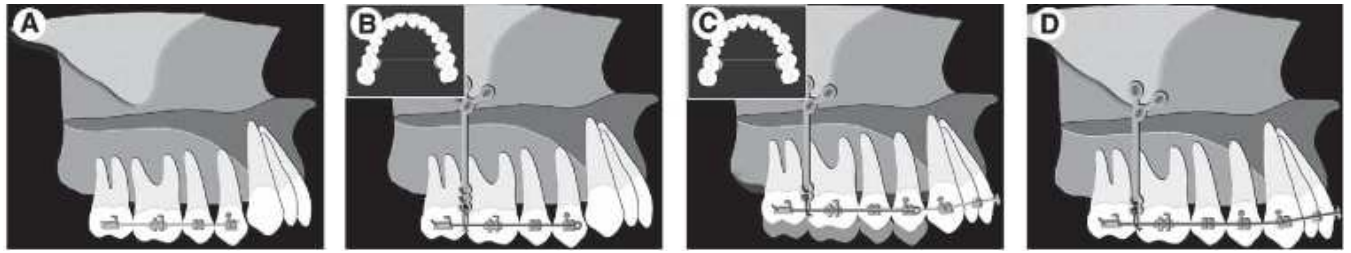


Figure 76: Ingression des molaires maxillaires.

- (A) Nivellement et alignement des dents postérieures. (B) Plaque en « Y » placée au niveau du processus zygomatique avec un élastique d'intrusion ainsi qu'un arc transpalatin afin d'éviter le mouvement palatin des molaires. (C) Après ingresson, les deux secteurs postérieurs sont alignés.

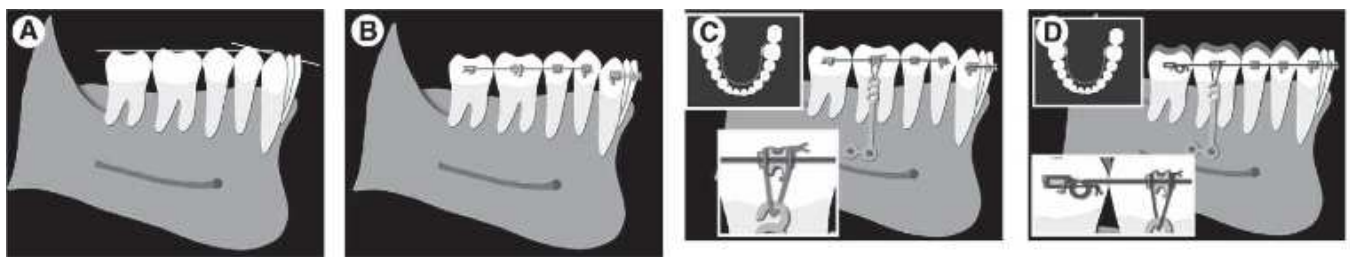


Figure 77: Ingression des molaires mandibulaires.

- (A) Arcade mandibulaire avec deux plans occlusaux. (B) Nivellement et alignement des dents postérieures. (C) Plaque « L » placée avec un élastique d'ingression. Arc lingual afin de prévenir le mouvement lingual des molaires.

L'ingression des incisives maxillaires peut être menée grâce à l'utilisation de miniplaques C-tube. Kyu-Rhim Chung et al en 2011 (23) illustrent ce propos à l'aide d'un cas clinique (figure 78). Une femme âgée de 34 ans présente une supraclusion antérieure ainsi qu'une incisive latérale linguo versée. Cette incisive est extraite, puis une miniplaque type C-tube a été placée entre l'incisive centrale droite et l'incisive latérale. Une force d'ingression est alors appliquée entre la miniplaque et l'arc orthodontique à l'aide d'une chaînette élastomérique. L'ingression a duré 4 mois.



Figure 78 : Miniplaque de type C-tube utilisée pour l'ingression des incisives maxillaires.

A, Photographie intra buccale avant traitement ; B, Stade initial ; C, après 2 mois de traitement ; D, après 4 mois de traitement. (23)

C. CONTRE INDICATIONS

Les contre-indications à la pose de miniplaques peuvent être d'ordre générale et/ou locale:

1. Contre-indications générales

- Cardiopathies à haut risque d'endocardite infectieuse (EI)
- Diabète non équilibré
- Patients sous bisphosphonates, immunodépresseurs
- Déficits immunitaires congénitaux ou acquis
- Hémopathies, leucémie aigue, granulocytopénie, hémophilie

2. Contre-indications locales

- Risque d'ostéo radionécrose (radiothérapie de la région maxillo-faciale)
- Qualité osseuse insuffisante
- Présence d'une infection active ou latente
- Pathologies de la muqueuse (49)

- Parodontopathie non stabilisée
- Proximité avec des éléments anatomiques

D. MISE EN PLACE

La mise en place chirurgicale d'une miniplaque d'ancrage temporaire n'est pas complexe mais demande le respect strict de certains critères. Ainsi, la pose de miniplaque devrait être exclusivement pratiquée par un chirurgien-dentiste spécialisé en chirurgie orale. En effet, d'après J. Sugawara (28), il n'y a aucun doute quant au fait que l'orthodontiste puisse poser lui même des minivis, mais de par l'obligation d'une levée de lambeau pour la mise en place des miniplaques, un chirurgien oral semble obligatoire. C'est une étude du Dr De Clerck, Dr Cornelis, Dr Scheffler, Dr Mahy, Dr Sicilianon et Dr Tulloch qui établit ce protocole chirurgical. (50)

La durée moyenne de la pose est comprise entre 15 et 30 minutes par plaque.

1. Le site d'implantation

Les miniplaques de type SAS ou de type Bollard vont être disposées à une distance de sécurité nécessaire par rapport aux racines, aux apex des dents. Dans la plupart des cas, elles vont être implantées sur la crête infra zygomatique du maxillaire ou encore dans la région canine. Le dispositif peut également être inséré sur la crête sinusale ou dans la région prémolaire ou molaire de la mandibule. (51)

Le site d'implantation doit comporter au moins 2 mm d'os cortical.

Certaines études ont montré que les forces se limitaient à un petit périmètre, principalement dans l'os cortical, ce qui justifie que les vis n'aient aucun intérêt à atteindre l'os trabéculaire. Ainsi le lieu d'insertion est indépendant du potentiel osseux. (52)

- Au maxillaire
- Au niveau des piliers malaires (crête infra-zygomatique du maxillaire): c'est la localisation la plus fréquente. La plaque va se situer entre la première et la deuxième molaire car c'est ici que l'on trouve un maximum de tissu osseux. Il est recommandé d'utiliser les plaques en « T » pour les faces courtes et les plaque en « I » pour les faces longues. Il est bon de noter que l'implantation au niveau des piliers malaires est difficile d'accès et c'est pourquoi, une fois encore, le savoir et la technique d'un chirurgien sont nécessaires. (12)
- Au niveau des piliers canins : cette localisation sera plus simple d'accès car le vestibule y est plus profond. Cependant, la plaque sera placée entre la canine et la première prémolaire, donc il faudra impérativement faire attention aux freins latéraux et donc espacer l'émergence du système de ces freins. Les plaques en « I » seront ici préférées.
- A la mandibule
- Entre la canine et la première prémolaire : la plaque sera positionnée en arrière du frein labial latéral. Les plaques en T ou en L sont le plus souvent utilisées.
- Entre la première et la deuxième molaire : du fait de l'anatomie locale, la pose y est difficile. Le vestibule y est souvent peu profond et la courbure corticale externe est marquée. Ainsi, on utilisera des plaques en forme de « T » avec deux ou trois vis.
- Au niveau symphysaire : très peu utilisé. L'émergence de la plaque se situera à 1 ou 2 mm du frein médian de la lèvre inférieure. Ici, les plaques en « L » sont utilisées.

En ce qui concerne les miniplaque « C-tube » décrite par Kyu-Rhim Chung (23) leurs localisations vont être différentes des autres miniplaques. En effet, au niveau maxillaire, le C-tube sera placé au niveau de l'os alvéolaire entre les racines ou alors au niveau de l'os cortical et non pas au niveau du processus zygomatique, ce qui facilitera donc leur mise en place (figure 79).

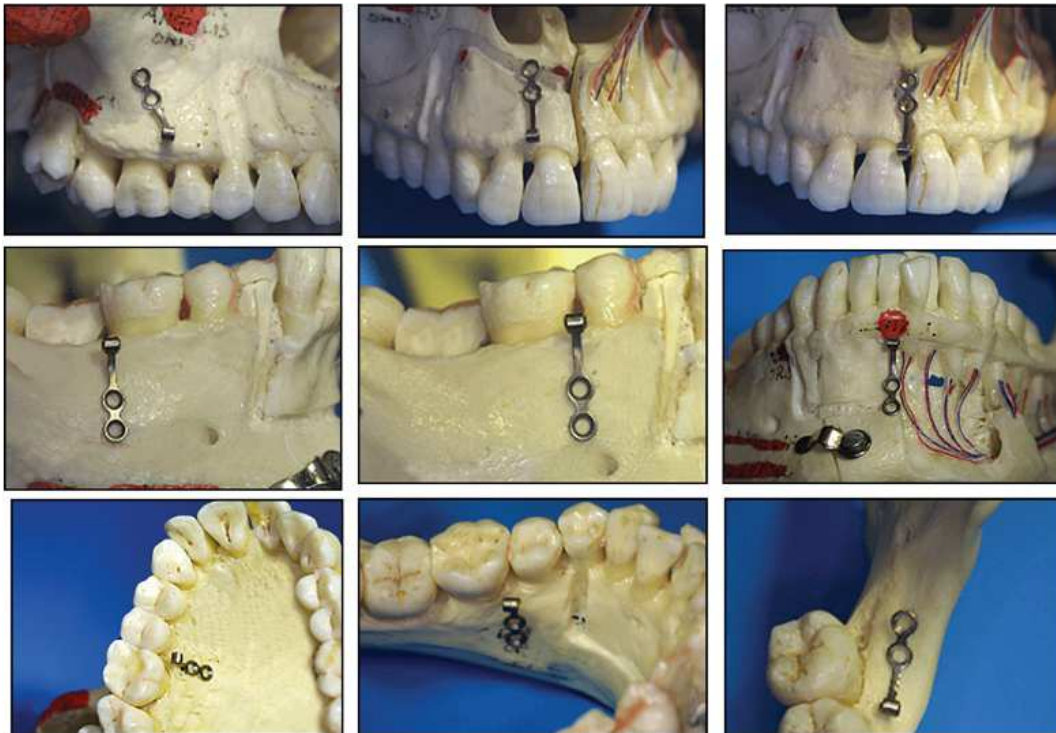


Figure 79: A , ingression et distalisation des dents postérieures ; B et C, ingression des dents antérieures maxillaires ; D et E, ingression ou distalisation des dents postérieures mandibulaires ; F, ingression des dents antérieures mandibulaires ; G-I, traitement orthodontique lingual (23).

2. Examen clinique

L'anamnèse est essentielle afin de mettre en évidence d'éventuels facteurs de risques ou une contre-indication. Elle permet également d'évaluer le degré de motivation du patient.

Ensuite, l'examen clinique va nous permettre d'évaluer l'hygiène bucco dentaire du patient, l'ouverture buccale et les tissus parodontaux et plus particulièrement, la ligne muco-gingivale.

3. Examen radiographique du site implanté

La réalisation d'une radiographie rétro alvéolaire semble suffire. Si cette radiographie met en évidence un facteur de risque comme un sinus proche ou un nerf alvéolaire inférieur proche également, alors un examen cone beam 3D sera justifié.

4. Conseils pré chirurgicaux

- Pour le chirurgien

L'assainissement de la cavité buccale comme les extractions éventuelles ainsi qu'un détartrage rigoureux doivent être effectués avant la mise en place de la miniplaque. (15)
Pour diminuer le risque d'infection, une asepsie stricte semble inévitable. Si les extractions devaient être effectuées à proximité du site, elles seront effectuées au moins deux semaines avant le placement du dispositif d'ancrage.

- Pour l'orthodontiste

La mise en charge orthodontique de l'implant impose qu'un nivellement préalable des arcades soit effectué en totalité, afin de pouvoir mettre des arcs suffisamment lourds. (15). Ces arcs doivent simplement permettre la mise en place d'élastiques entre l'arcade dentaire et l'implant.

L'orthodontiste doit procéder à une mise en charge initiale ne dépassant pas 100-150 gf puis une augmentation progressive à chaque contrôle mensuel. (15)

- Pour le patient

Des conseils post chirurgicaux sont indispensables aux patients avant même de commencer :

- Ne pas toucher/ jouer avec l'implant avec la langue.
- Eviter les contacts répétitifs avec le doigt.
- Une semaine après la chirurgie, le brossage doit être soigneux avec une brosse à dent souple au niveau des tissus mous autour des dispositifs.
- Spray de chlorhexidine durant une quinzaine de jours au niveau de l'implant.
- Application de glace après l'intervention afin de limiter au maximum l'œdème.

5. Technique chirurgicale

En premier lieu, le site de pose est repéré radiologiquement puis désinfecté à la chlorhexidine. Une anesthésie locale seule est indiquée dans la plupart des cas. Cependant, chez les patients peu coopérants/ peu dociles ou les jeunes enfants, ces appareils peuvent être placés sous anesthésie générale. On peut également associer l'anesthésie locale à une sédation consciente : MEOPA ou sédation intra-veineuse. Le dispositif doit être totalement stérilisé. (3)

Enfin, lorsque l'emballage n'est pas étanche ou endommagé, le dispositif médical doit être renvoyé au fournisseur afin de répéter le cycle de stérilisation.

❖ Incision

- Au niveau de la crête infra-zygomatique

Une incision en forme de L est réalisée. La partie verticale de l'incision (1) est réalisée en mésial de +/- 1 cm et parallèle à la crête infra-zygomatique et descend jusqu'à 2 mm en dessous de la ligne muco-gingivale. L'incision est étendue de manière distale (2) avec 2 mm d'incision horizontale au dessous et parallèle à cette ligne muco-gingivale (figure 80 et 81).

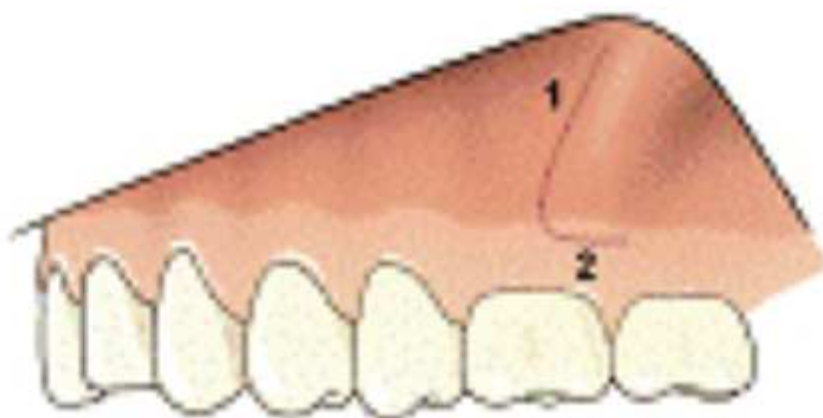


Figure 80: Tracé d'incision en « L ». (51)

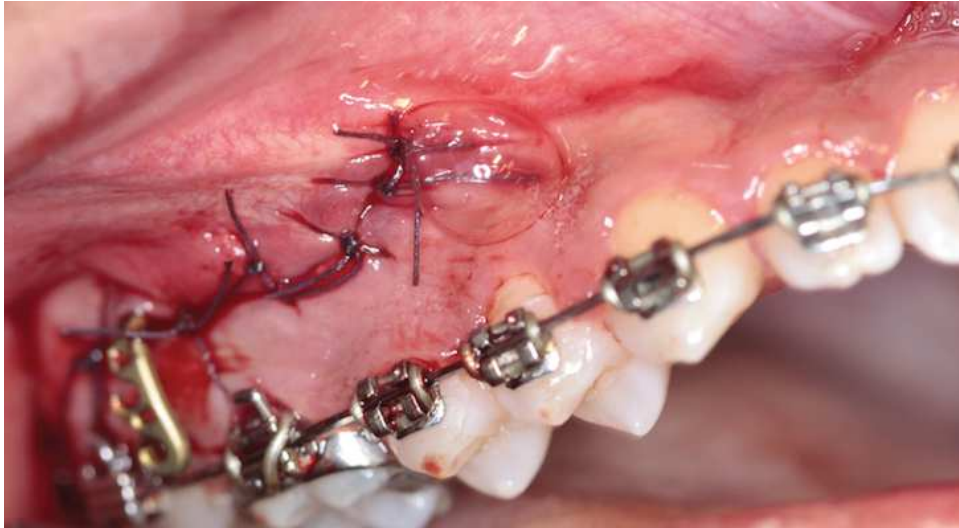


Figure 81 : Photographie intra buccale après pose d'une plaque d'ancrage par le Dr Bahi Gross. (dispositif d'ancrage global D)

- Région canine inférieure (entre l'incisive latérale et la canine), (figures 82 et 83).

Une incision en forme de L inversé est réalisée avec un angle légèrement supérieur à 90°. La partie horizontale de l'incision est située à 2 mm au-dessus de la ligne muco-gingivale.



Figure 82: Incision en « L » inversé. (51)



Figure 83 : Plaque mandibulaire symphysaire. (12)

- Région prémolaire ou molaire de la mandibule (figure 84).



Figure 84: Plaque mandibulaire postérieure pour recul global de l'arcade. (11)

- ❖ **Le décollement d'un lambeau d'épaisseur totale, muco-périosté** est réalisé. Ce décollement sous périosté doit être suffisamment large afin d'y insérer la plaque.

- ❖ **Mise en place de la miniplaque**

La miniplaque est légèrement pliée à l'aide d'une pince pour obtenir un contact intime avec l'os cortical. L'important c'est que la barre de connexion soit légèrement fléchie au niveau de sa partie inférieure (figure 85) pour assurer un contact intime avec l'os alvéolaire au niveau de l'émergence à travers la muqueuse afin de favoriser une bonne cicatrisation des tissus mous. La miniplaque doit être ensuite essayée.

La plaque est placée de façon à permettre à l'émergence de la barre ronde de connexion de sortir au niveau de la limite muco-gingivale, ou dans l'idéal un bon millimètre en gencive attachée.

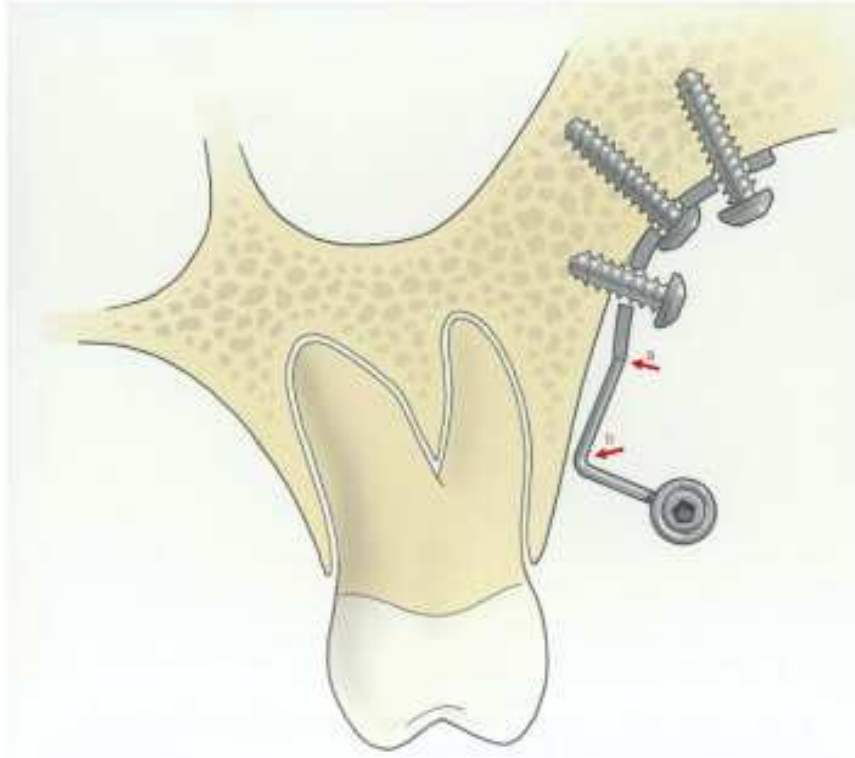


Figure 85: La barre de connexion est légèrement pliée à la limite inférieure de la plaque (flèche a) pour assurer un contact étroit entre la fin de la barre de connexion et la surface osseuse au niveau du point d'émergence à travers la muqueuse (flèche b). (50)

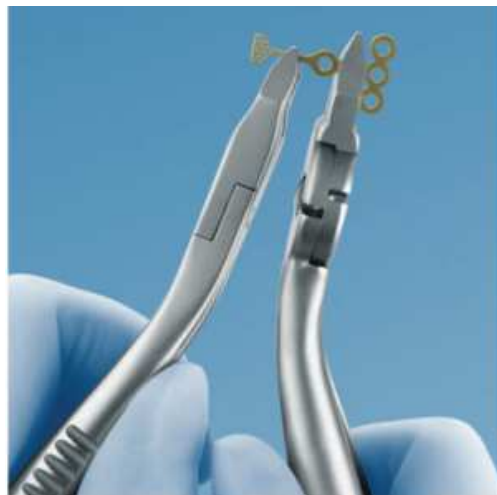


Figure 86: A gauche : Pince à courber
A droite : pince combinable pour couper et plier. (3)

Un autre type de lambeau est décrit par Kyu-Rhim Chung et al. (23). Deux incisions parallèles sont nécessaires (figure 87). En effet, une première incision est réalisée puis une autre parallèle et apicale de 2 mm à la première de 3 mm de long est effectuée. Puis le périoste est décollé à l'aide d'un décolleur. Puis la plaque est façonnée selon l'anatomie du site d'implantation. Enfin, la plaque est positionnée au niveau de l'os en faisant glisser la tête à travers la deuxième incision afin que cette dernière sorte au niveau de la cavité buccale.

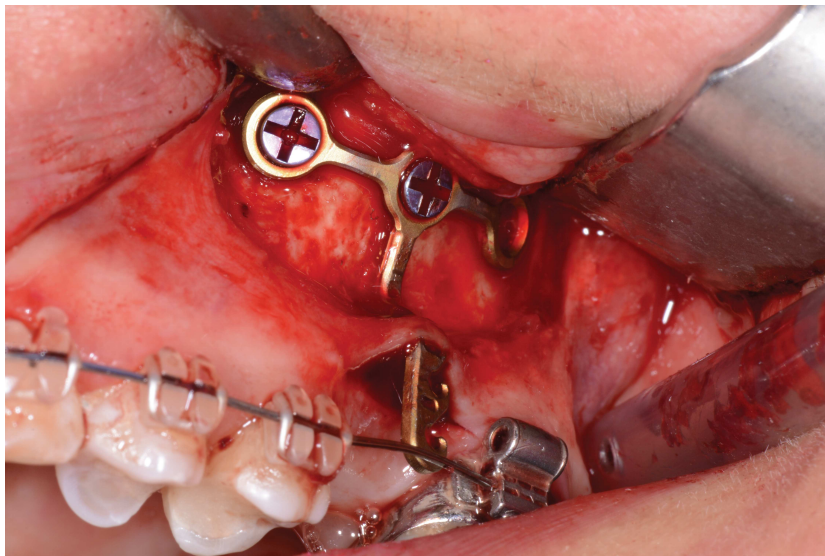


Figure 87: Procédure chirurgicale lors de la pose d'une miniplaque.
Miniplaque posée par le Dr Sophie Bahi-Gross.

❖ **Vissage**

Le corps de la plaque est donc vissé à environ 5 mm au-dessus des apex dentaires. Selon une étude de Kim et al (53) menée sur 2 beagles, les vis auto taraudantes favorisent un meilleur ancrage orthodontique, plus stable que les vis non auto taraudantes. La première vis mise en place est la vis médiane au niveau des plaques à 3 trous et au niveau de la vis proche du système d'attachement pour les plaques à 2 trous. La vis ne doit pas être complètement vissée afin de permettre une certaine rotation de la miniplaque pour pouvoir l'ajuster correctement. La vis suivante sera la vis inférieure, puis, la vis supérieure est positionnée. Enfin, toutes les vis sont serrées pour une rétention forte et stable avec un tournevis manuel.

- Crête inférieure du processus zygomatique (figure 88)

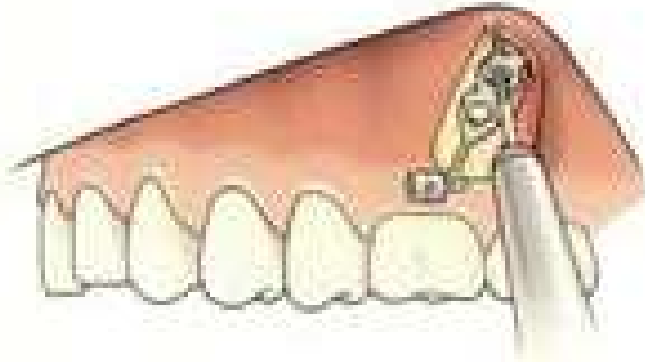


Figure 88: Vissage des minivis au maxillaire. (51)

- Région canine inférieure

Le dispositif est positionné de telle sorte que la barre ronde du col pénètre dans les tissus mous à l'angle de l'incision de 2mm en forme de L au-dessus de la frontière muco-gingivale. Le centre des trous dans la miniplaque devrait être situé au milieu des axes des 2 dents voisines (incisive latérale et canine). Un premier trou est percé à travers le trou supérieur de la miniplaque au niveau des apex. Comme au niveau maxillaire, les vis sont complètement vissées une fois que toutes pré vissées (figure 89).

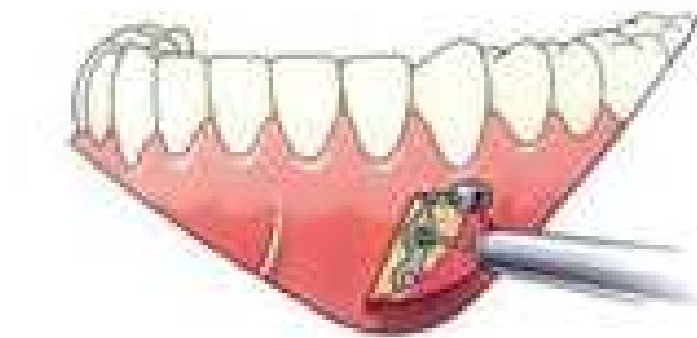


Figure 89: Vissage des minivis à la mandibule. (51)

❖ Sutures

Après un rinçage avec une solution saline, la fermeture est obtenue avec un fil 4/0 résorbable (23). Le lambeau muco-périosté est positionné. L'unité de fixation doit être orientée parallèlement à l'os alvéolaire avec la vis de blocage faisant face à l'extrémité distale. Suture du lambeau par dessus la plaque en laissant dépasser le moyen de solidarisation.

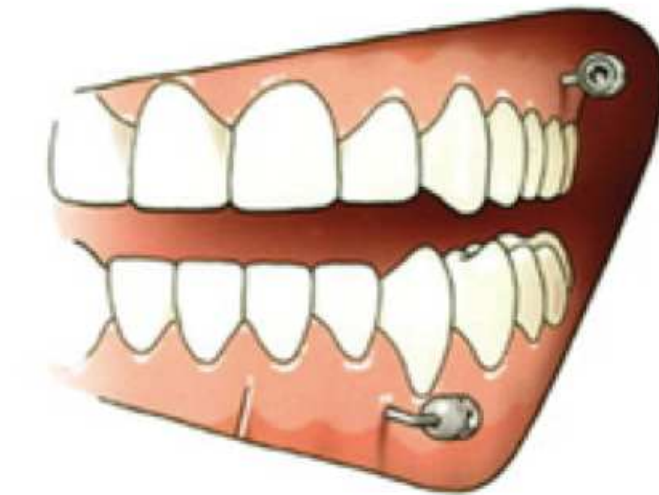


Figure 90: Système d'ancrage Bollard avec des unités de fixation face antérieure au maxillaire et face postérieure à la mandibule. (51)

❖ Contrôle radiologique

❖ Prescription post opératoire

Certains auteurs préconisent seulement des antalgiques de palier 1 mais d'autres préfèrent des anti inflammatoires non stéroïdiens ainsi que la prise d'antibiotiques durant 3 jours. (23)

Le patient consulte son chirurgien ou orthodontiste une dizaine de jours après la pose afin d'ôter les fils de sutures.

E. MISE EN CHARGE

La mise en charge se fait rapidement, pas d'attente d'ostéointégration (figure 91). En effet, la stabilité est ici mécanique. Ceci va permettre une mise en charge immédiate en utilisant des forces proportionnelles à la surface de contact vis-os. L'application d'une force orthodontique s'effectuera deux à trois semaines après la chirurgie, ce qui va permettre de neutraliser la majorité des forces plus faibles comme par exemple, les forces générées par les contacts répétés de la langue. (15)

Plusieurs études (54), (53) montrent qu'il est nécessaire d'attendre au grand minimum une semaine avant la mise en charge.

La mise en charge immédiate semble possible mais doit débuter par des forces réduites et augmenter progressivement. En effet, le chargement initial doit être de faible intensité, il ne doit pas dépasser 100-150 gf.

Une revue systématique (55) démontre qu'une stabilité clinique suffisante pour un ancrage orthodontique peut être atteinte même avec des niveaux d'ostéointégration < à 5%.



Figure 91: Photographie intra orale 15 jours après la pose de plaque par le Dr Sophie Bahi-Gross chez un patient âgé de 16 ans. L'ingression du secteur postérieur maxillaire peut alors commencer afin de corriger la béance antérieure.

F. DEPOSE

La dépose s'effectuera à la fin du traitement, sous anesthésie locale si possible.

Un pré désinfection du site est nécessaire.

Elle nécessite une incision verticale muco-périostée afin d'exposer la plaque et les vis (23). Une fois encore, certains auteurs ne préconisent que la prise d'antalgiques de palier 1, tandis que d'autre préfère prescrire des AINS ainsi que des antibiotiques durant 3 jours. Le patient peut utiliser le spray de chlorhexidine pendant 3 jours après la dépose.

La principale difficulté lors de la dépose est l'apposition osseuse probable au niveau de la miniplaque. Avec moins de 25% d'ostéointégration, les vis restent généralement faciles à déposer. Le degré de prolifération osseuse varie d'un patient à un autre et cette inégalité reste encore inexplicée. Des études montrent que l'ostéointégration augmente avec le temps. (56). Ainsi il est donc recommandé de déposer ces plaques dès lors qu'elles ne sont plus nécessaires.

G. COMPLICATIONS

1. Complications per opératoires

- Lésions des tissus parodontaux
- Lésions des racines
- Emphysème sous cutané
- Fracture de la mini plaque
- Perforation des sinus maxillaires
- Lésions de structures nerveuses

2. Complications post opératoires

La perte d'ancrage est une complication post opératoire pouvant être d'origine infectieuse ou mécanique :

- Mobilité d'origine infectieuse

Un brossage soigneux de la part du patient ainsi que la section ronde de la barre de connexion permet de réduire ce risque.

- Mobilité d'origine mécanique

On observe, dans beaucoup de cas, des patients qui, avec leur langue, jouent avec le boîtier de fixation. Ces forces musculaires peuvent être responsables d'une augmentation de la mobilité même en l'absence d'infection.

Les infections superficielles sont elles aussi un genre de complication.

Les effets secondaires tels que l'inflammation péri-implantaire et la résorption radiculaire sont rares.

Enfin, la déhiscence muqueuse, la fracture de la plaque ou encore un œdème peuvent apparaître suite à la pose d'une miniplaque.

Il semblerait que l'antibioprophylaxie ne soit pas indispensable (50). D'autres essais cliniques devraient être menés pour confirmer cette hypothèse. De plus, cette étude montre qu'un quart des patients n'a pris aucun anti-inflammatoires ni antalgiques même lorsqu'ils étaient prescrits. Bien que cela puisse suggérer que la douleur n'a pas été intense, un œdème léger à modéré a été décrit par la majorité des patients après la pose du dispositif. Il semble donc important de conseiller au patient d'utiliser une poche de glace afin de réduire ce dernier ainsi qu'une utilisation systématique d'anti-inflammatoires en per opératoire associée.

H. AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES MINIPLAQUES

1. Avantages

L'un des avantages majeur de l'utilisation de ces miniplaques d'ancrage est le nombre important d'indications.

Lorsque l'on utilise ces dispositifs, on obtient un ancrage absolu et donc on s'affranchit des mouvements indésirables des dents d'ancrage par réaction de forces opposées.

De part leur localisation, les miniplaques n'interfèrent pas avec le déplacement dentaire (à contrario des minivis). De plus, les miniplaques sont disposées sans risque d'altération des structures anatomiques comme les racines ou le ligament alvéolo-dentaire et ne dépassant pas l'épaisseur de la corticale.

Ces appareils d'ancrage exigent moins de coopération de la part du patient.

Le temps chirurgical est compris entre 15 et 30 minutes par plaque.

L'acte de pose considéré comme simple voire très simple pour le chirurgien même si un lambeau doit être levé (50). La dépose peut être facile et rapide en cas d'absence d'ostéocolonisation.

Pour l'orthodontiste également, la simplicité d'utilisation, de manipulation constitue un avantage. La vis de blocage est facilement activable et désactivable.

La charge rapide est possible, vu que l'ostéointégration, n'est pas nécessaire.

L'accroissement de la vitesse des déplacements dentaires sans incidence, sans contrainte au niveau des racines constitue un avantage majeur.

La diminution des risques d'infiltration bactérienne (15) est un réel progrès apporté par ces implants. En effet, la section ronde de la connexion permet de diminuer l'infiltration bactérienne et donc de diminuer le risque de perte d'ancrage par ostéolyse. Enfin, un autre avantage majeur de ces miniplaques est que leur vis de fixation est généralement placée à distance des apex radiculaires et ne va pas interférer avec le mouvement des dents contrairement aux minivis. Les racines peuvent facilement glisser au delà du dispositif d'ancrage. (50)

Pour Sugarawa (57), les miniplaques provoquent moins de douleur, de gêne que les minivis. De plus, les miniplaques peuvent être ajustées par le clinicien selon les mouvements désirés et en fonction de l'épaisseur de l'os du patient.

Par comparaison, les minivis ont un risque de fracture plus important que les miniplaques et un risque de perte d'ancrage supérieur. Le taux de succès semble plus élevé avec les miniplaques que les minivis, et la stabilité des miniplaques est meilleure que celle des mini et microvis (58). Selon une étude menée par Schatzle et al (59), le taux de fracture des miniplaques était de 7,3%, 10,5% pour les implants palatins et 16,4% pour les minivis. Plusieurs études relatent les mêmes conclusions comme celle menée par Choi et al en 2005 (60) (taux de fracture des miniplaques est de 7%) ou encore l'étude menée par Takaki et al (61) qui rapporte un taux de fracture des miniplaques de 6%.

Le taux de succès (97%) lors de la pose est élevé, pour un même chirurgien. (62). C'est pour ces raisons que les miniplaques semblent désormais plus adaptées.

2. Inconvénients

La nécessité de faire un lambeau semble être un inconvénient selon Sugawara (57). Le coût de la plaque élevé ajouté au coût de l'intervention constitue un inconvénient financier majeur. Un œdème léger quelques jours suivants l'acte chirurgical peut apparaître. L'hygiène doit être rigoureuse au niveau de la partie extra muqueuse pour assurer une stabilité maximale sinon le risque d'infection est augmenté.

La dépose peut s'avérer très difficile s'il y a eu ostéointégration/colonisation : le risque est augmenté quand les plaques restent en place plusieurs années (cas de classe III notamment).

I. PERCEPTION DU PATIENT

Selon une étude menée par Cornelis et al de 2008 (63), les patients ont signalé une douleur pendant la chirurgie et durant le traitement orthodontique inférieure à ce qu'ils auraient imaginé.

Les questionnaires ont montré que les ancrages vissés ont bien été tolérés. Aucun patient n'a demandé d'enlever le dispositif prématurément. Après 1 an, 72% rapportent qu'il ne faisait même plus attention au dispositif en place. L'inconvénient majeur semblait être l'irritation de la joue, de la langue ainsi que des aliments coincés dans l'appareillage. Les irritations diminuent avec le temps.

Pour 15% des patients, le nettoyage du dispositif reste un problème continu ainsi que la limitation de l'ouverture buccale.

Enfin, malgré la recommandation faite en début de traitement, 1 patient sur 3 admet avoir pris l'habitude de toucher l'appareil avec la langue.

Une seconde étude menée par Tseng YC et al en 2010 a été menée à l'aide d'un questionnaire sur la perception de la douleur pendant le traitement orthodontique mené à l'aide de miniplaques. Les patients ont évalué leur douleur sur une échelle VAS de 0 à 100 mm. (13)

Le score retenu le plus élevé est de 58 mm 24h après la pose. Trois mois après la mise en charge des miniplaques le score VAS variant de 15 mm à 20 mm durant les repas et la parole. 24 heures après la dépose, le score le plus élevé est de 41,3 mm et ne va qu'en diminuant. Cependant, les acteurs des traitements devront être vigilants quand à la communication avec le patient pour que ce dernier soit informé de douleurs possibles. Enfin, cette étude menée sur 30 miniplaques reporte un succès de 95,5%.

J. PERCEPTION DE L'ORTHODONTISTE

Selon la même étude menée par Cornellis et al en 2008 (63), d'une manière générale, les cas traités initialement ont été peu à très difficiles. Cependant, après 1 an d'utilisation des miniplaques, les mêmes patients ont ensuite été qualifiés de très à modérément facile. La complexité de la gestion globale des miniplaques a été qualifiée comme étant plus facile avec le temps. De plus, l'orthodontiste a évalué, au cours des années, la mobilité et l'irritation des tissus mous comme étant restés sous le niveau moyen.

Enfin, tous les orthodontistes affirment vouloir réutiliser ces miniplaques à nouveau et ont évalué leur satisfaction moyenne de 3,8 sur l'échelle (3 étant considéré comme une satisfaction modérée, à 4, une grande satisfaction).

Ces résultats semblent être confirmés dans notre étude menée chez les orthodontistes du Bas-Rhin.

III. ETUDE SUR L'UTILISATION DES MINIPLAQUES D'ANCRAGE PAR LES ORTHODONTISTES DU BAS-RHIN

A. OBJECTIFS

➤ Objectif primaire

L'objectif primaire de cette étude est d'évaluer l'utilisation des miniplaques par les orthodontistes spécialistes en Orthopédie Dento-Faciale du Bas-Rhin.

➤ Objectif secondaire

L'objectif secondaire est de mettre en évidence les raisons d'utilisation ou non de ces miniplaques.

B. MATERIEL ET METHODE

Cette étude est basée sur un questionnaire de 20 questions. Il s'agit donc d'une étude transversale par auto questionnaire.

Ce questionnaire a été réalisé avec Google Documents et a été envoyé par courriel aux orthodontistes. Nous avons contacté le Conseil Départemental de l'Ordre du Bas-Rhin afin de connaître l'existence ou non d'une base de données départementale des adresses courriels professionnelles des orthodontistes.

La réponse n'a pu nous fournir seulement le nombre exact d'orthodontistes spécialisés en orthopédie dento faciale et non les adresses courriels. Nous avons pu les récupérer grâce au carnet d'adresses du Dr Sophie Bahi-Gross ainsi que des appels passés directement aux cabinets d'orthodontie.

Les réponses ont été recueillies du 03/02/2017 au 28/02/2017.

La population cible était les orthodontistes du Bas-Rhin. Sur les 62 praticiens, recensés par le Conseil Départemental de l'Ordre au 1^e janvier 2017, un total de 28 réponses a été obtenu. Ainsi le taux de participation s'élève à 45%.

Le questionnaire a été réalisé en plusieurs parties. Une première partie concernant le profil du répondant, une seconde visant à connaître l'utilisation ou non des miniplaques d'ancrage et une dernière partie, destinée à connaître les raisons de cette usage ou non usage.

C. RESULTATS

1. Profil des répondants

a. Sexe

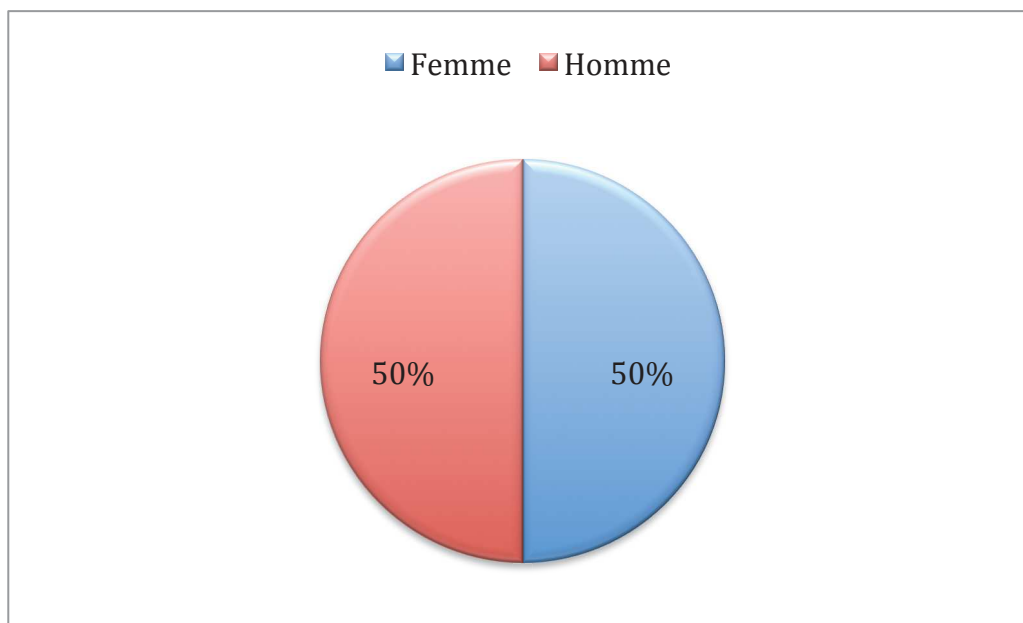


Figure 1: Répartition Hommes/Femmes des participants au questionnaire

La répartition Hommes/Femmes est en relation avec les données de la DREES. Ceci confirme bien la féminisation de la profession dans le Bas-Rhin.

b. Tranche d'âge

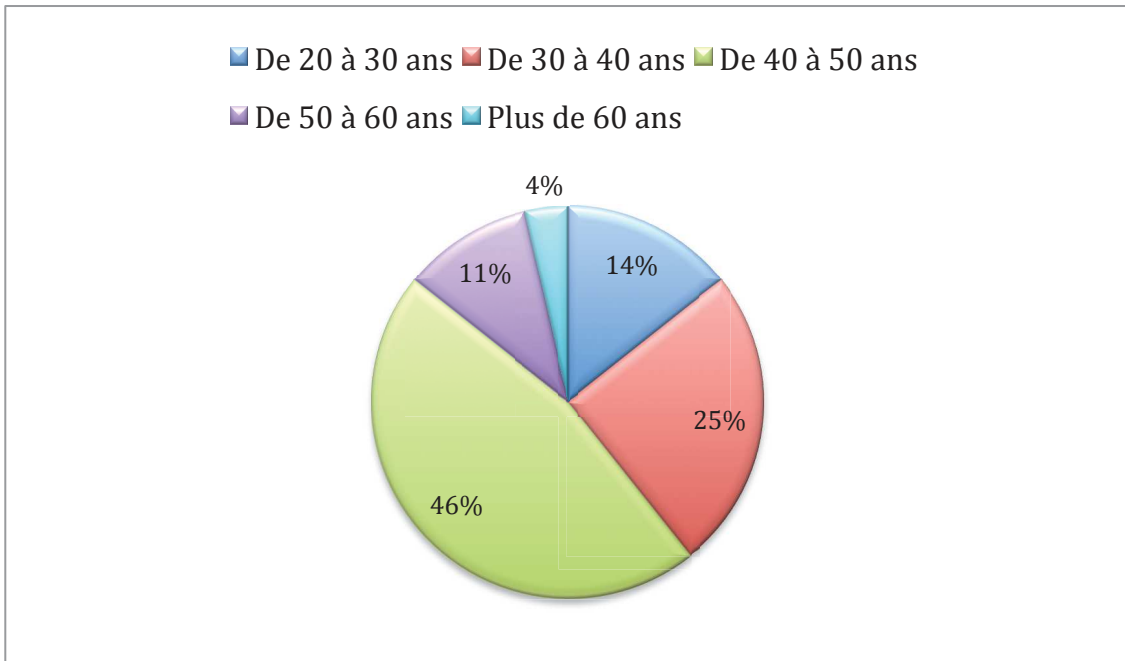


Figure 2 : Réponses par tranches d'âge

La répartition des réponses par tranche d'âge est conforme aux données nationales malgré une forte participation des praticiens âgés de 40 à 50 ans (46% des réponses) et une légère sous représentation des 30-40 ans par rapport à la moyenne Alsacienne.

c. Durée d'exercice

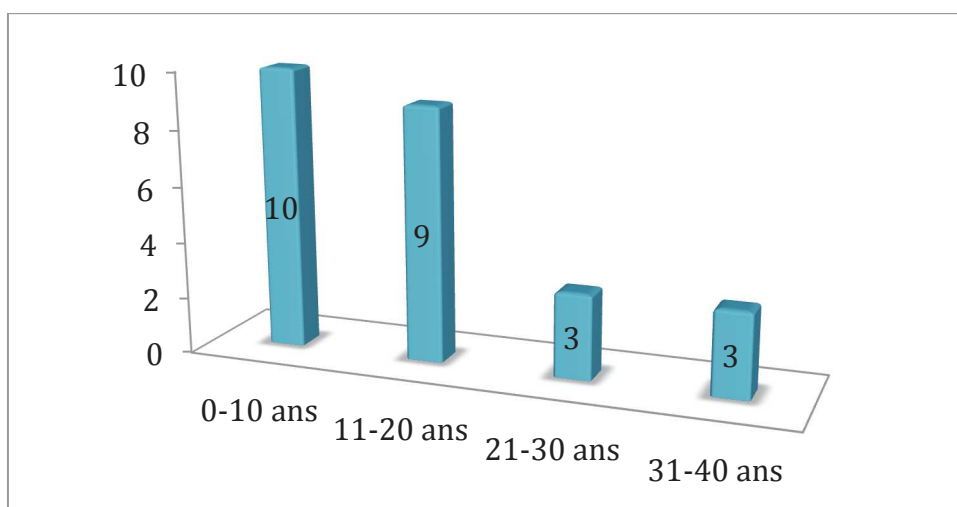


Figure 3 : Répartition en fonction de la durée d'exercice.

Nous observons deux pics de réponses des praticiens dans les tranches d'activité inférieure à 10 ans et entre 11 et 20 ans d'exercice soit, une participation majeure des praticiens ayant entre 0 et 20 ans d'exercice de la profession.

2. Les différents traitements

a. Habitudes de traitement des praticiens

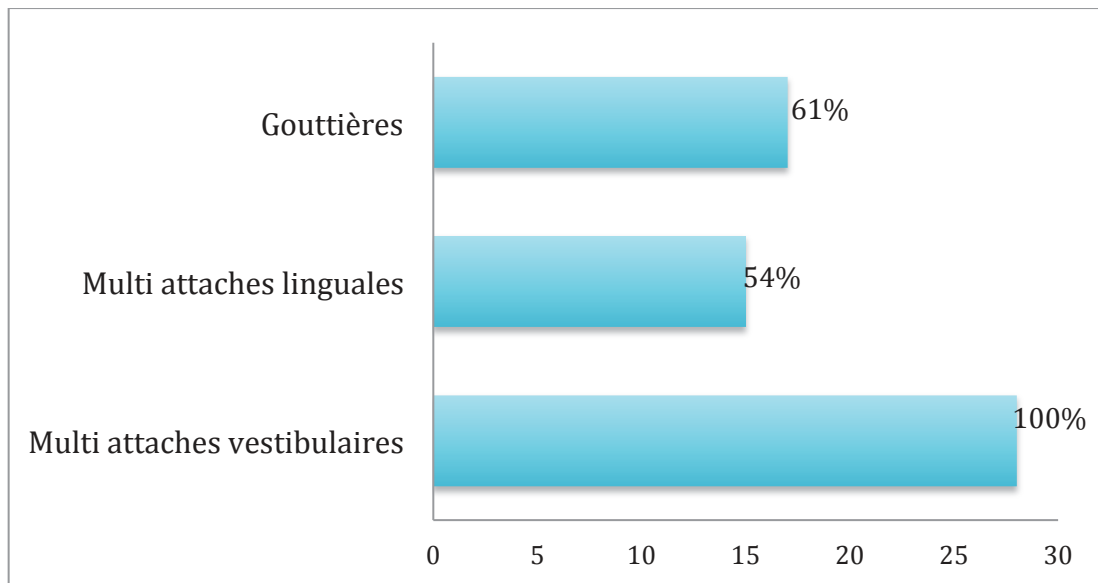


Figure 4 : Habitudes de traitements conventionnels des répondants

Le praticien pouvait sélectionner plusieurs types de traitement(s), c'est donc pourquoi le nombre additionné de réponses est supérieur au nombre total de praticiens.

Les 28 praticiens (100% des réponses) réalisent des traitements par multi attaches vestibulaires.

Quinze praticiens (54% des réponses) réalisent des traitements par multi attaches linguales.

Dix sept praticiens (61% des réponses) réalisent des traitements par gouttières.

b. Utilisation des minivis dans le traitement orthodontique

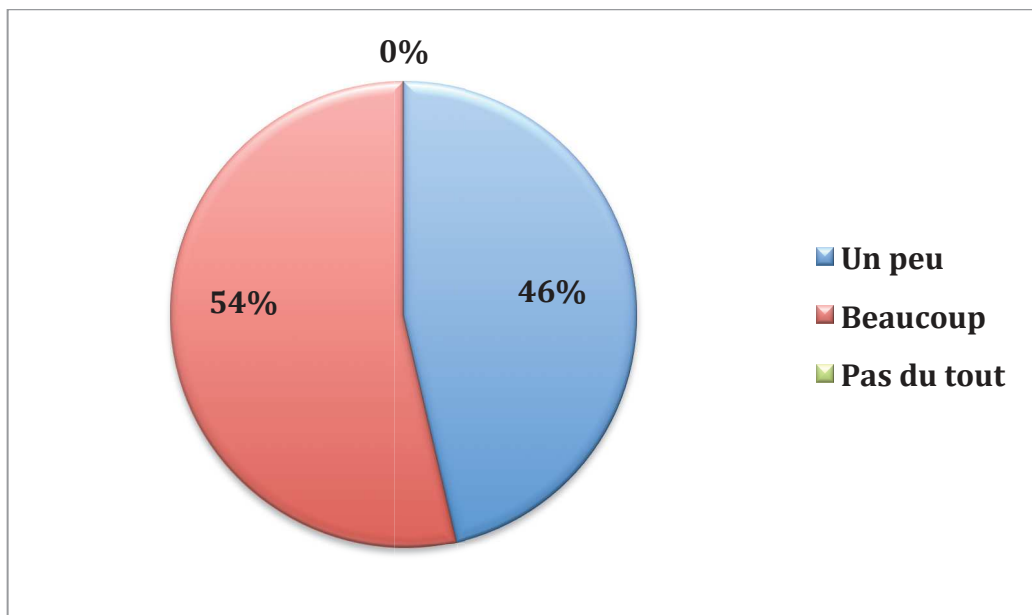


Figure 5 : Connaissance du sujet

La majorité des praticiens ayant répondu au questionnaire (54% des réponses) affirme avoir beaucoup de connaissances sur les minivis. 46% de ces praticiens connaissent un peu ce sujet.

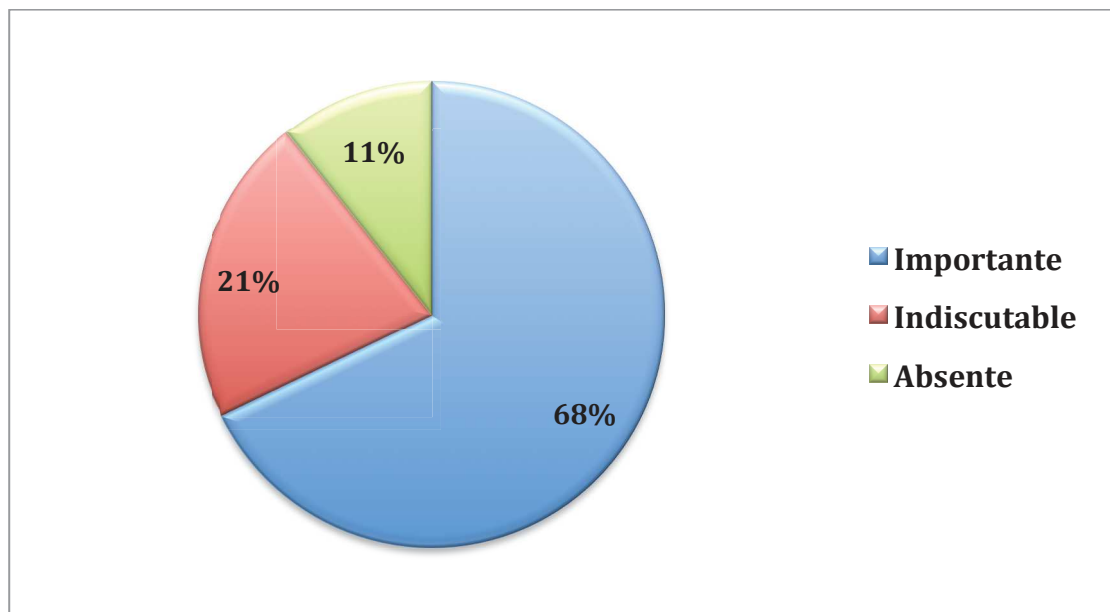


Figure 6 : Place des minivis dans le traitement orthodontique

La majorité des praticiens répondant accordent une place importante (68% des réponses), voir indiscutable (21% des réponses) à l'utilisation des minivis dans leurs traitements.

Alors que 11% de ces répondants n'accordent aucune place aux minivis dans leurs traitements malgré leur connaissance du sujet.

c. Usage des miniplaques dans le traitement orthodontique

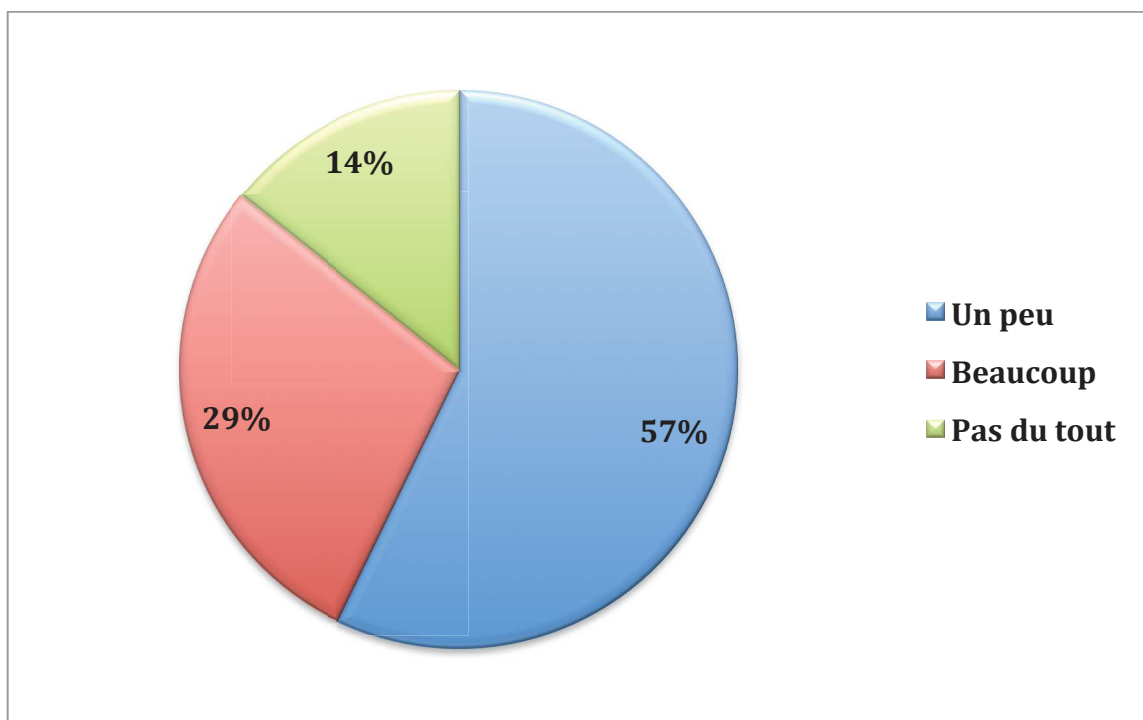


Figure 7 : Connaissance du sujet

La majorité des répondants au questionnaire affirme avoir un peu de connaissances concernant les miniplaques (57% des réponses). Huit praticiens répondant sur 28 soit 29% connaissent beaucoup le sujet

Contrairement aux minivis, 4 praticiens sur les 28 soit 14%, ne semblent avoir aucune connaissance sur le sujet.

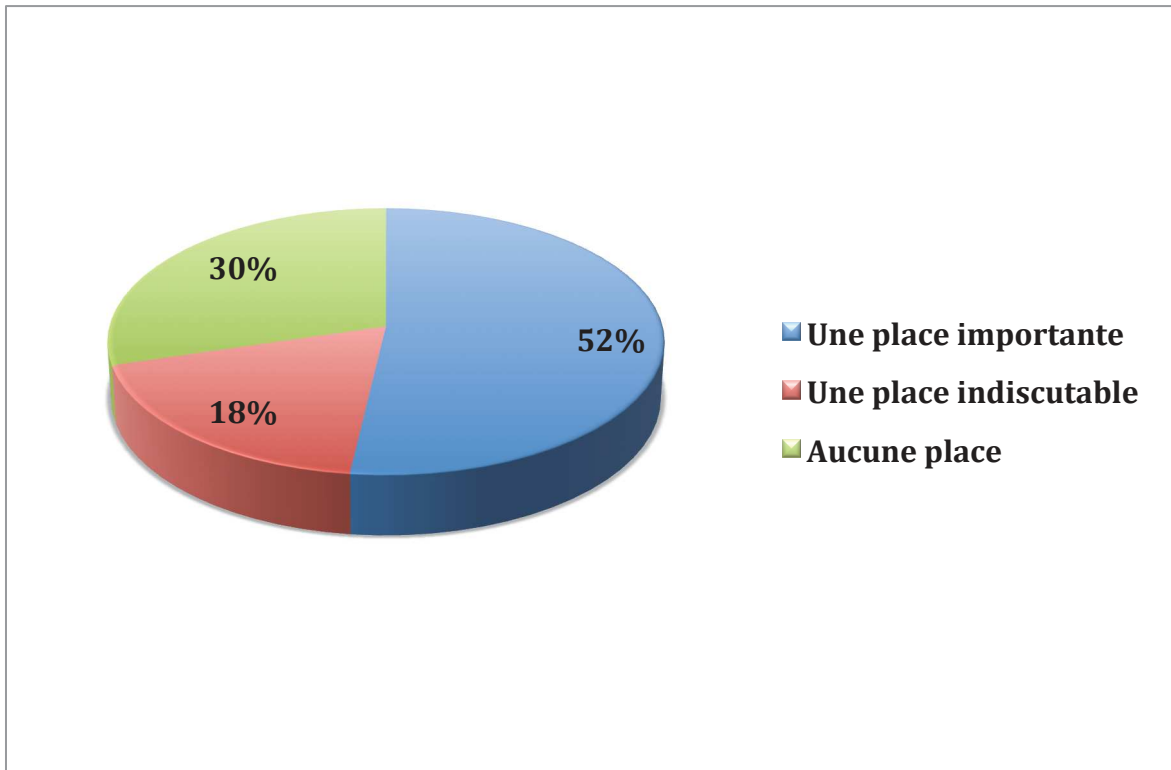


Figure 8 : Place des miniplaques dans le traitement orthodontique

L'étude fait ressortir qu'une grande majorité des répondants (52%) accorde une place importante aux miniplaques dans leurs traitements orthodontiques.

Cependant, 8 praticiens répondant sur 28 n'accordent eux aucune place aux miniplaques dans leurs traitements. Une fois encore, contrairement aux minivis dont quelques rares praticiens excluaient l'utilisation, les miniplaques semblent elles beaucoup plus critiquées.

d. Dispositifs d'ancrage

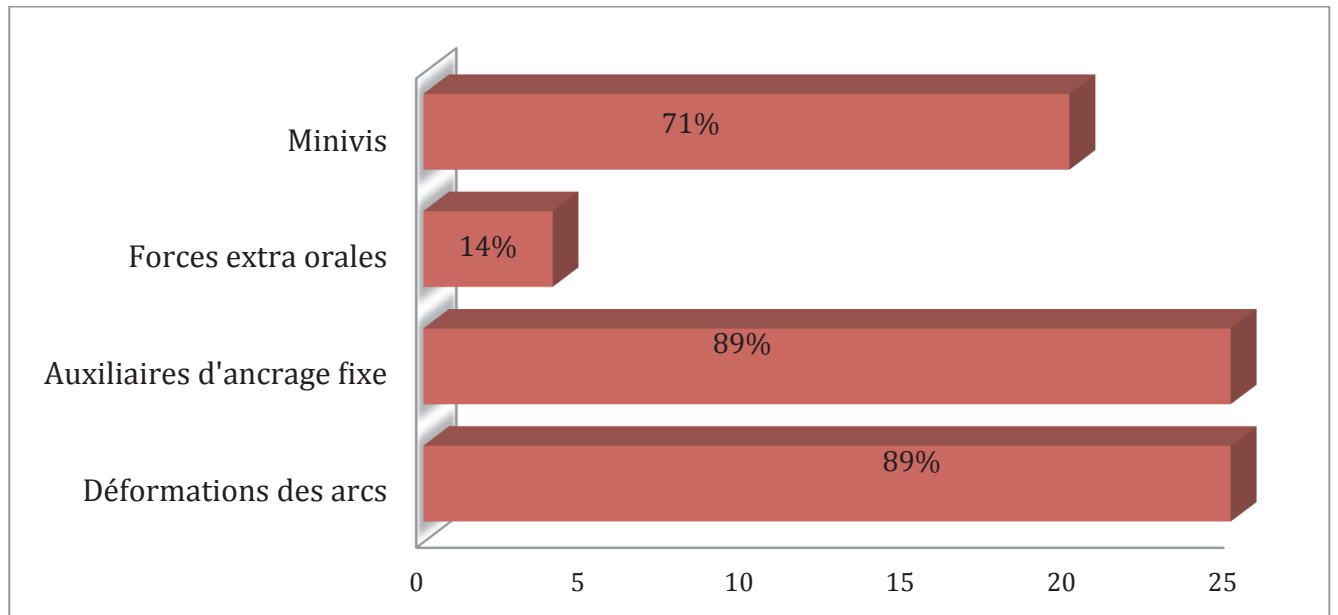


Figure 9 : Taux d'utilisation des dispositifs d'ancrage

Le praticien pouvait sélectionner plusieurs types de traitement(s), c'est donc pourquoi le nombre additionné de réponses est supérieur au nombre total de praticiens.

Sur les 28 répondant, 25 soit 89% ont recours à la déformation des arcs, 25 également utilisent des auxiliaires d'ancrage fixes (appuis dentaires), 20 praticiens sur les 28 répondants travaillent à l'aide de minivis. Enfin seulement 4 praticiens vont avoir recours aux forces extra-orales.

e. Utilisation des miniplaques d'ancrage

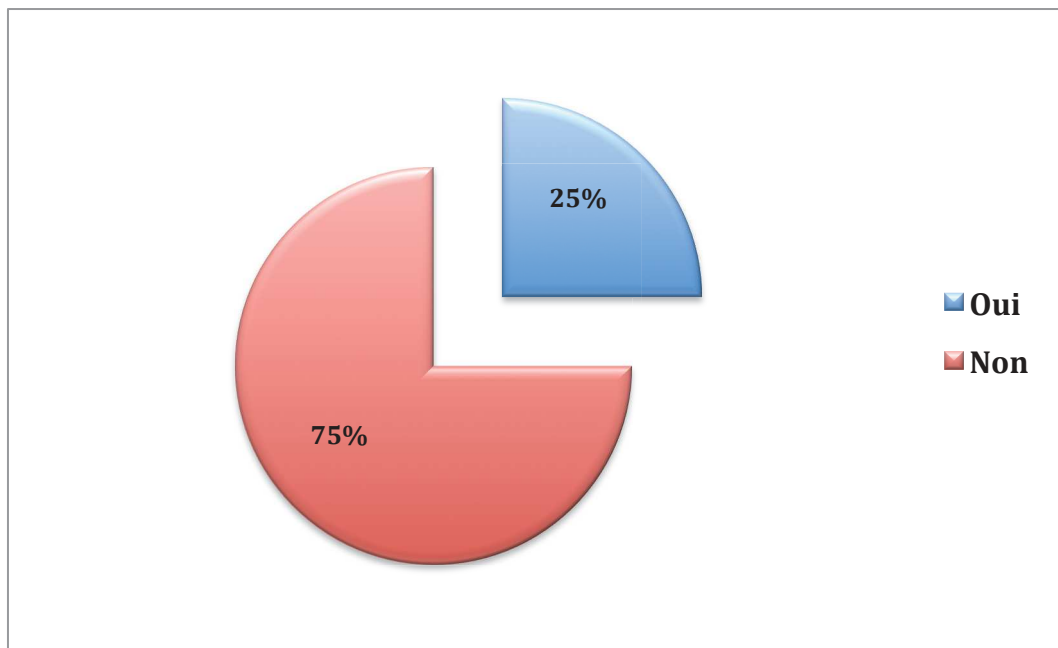


Figure 10 : Recours aux miniplaques par les praticiens répondants

Seulement 7 praticiens répondants (25% des réponses) ont recours à l'utilisation de miniplaques dans leurs traitements contre 21 praticiens (75%) n'en utilisant pas.

3. Les utilisateurs de miniplaques

a. Recul clinique

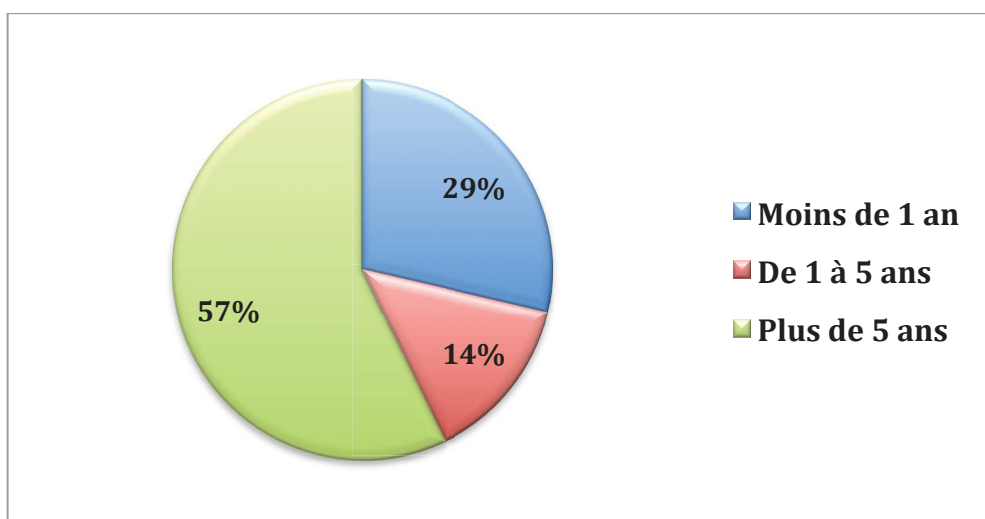


Figure 12 : Répartition des praticiens répondants selon leur recul clinique concernant les miniplaques

Parmi les utilisateurs de miniplaques, la majorité les utilise depuis plus de 5 ans (57% des utilisateurs). 29% des praticiens utilisateurs le sont depuis moins de 1 an.

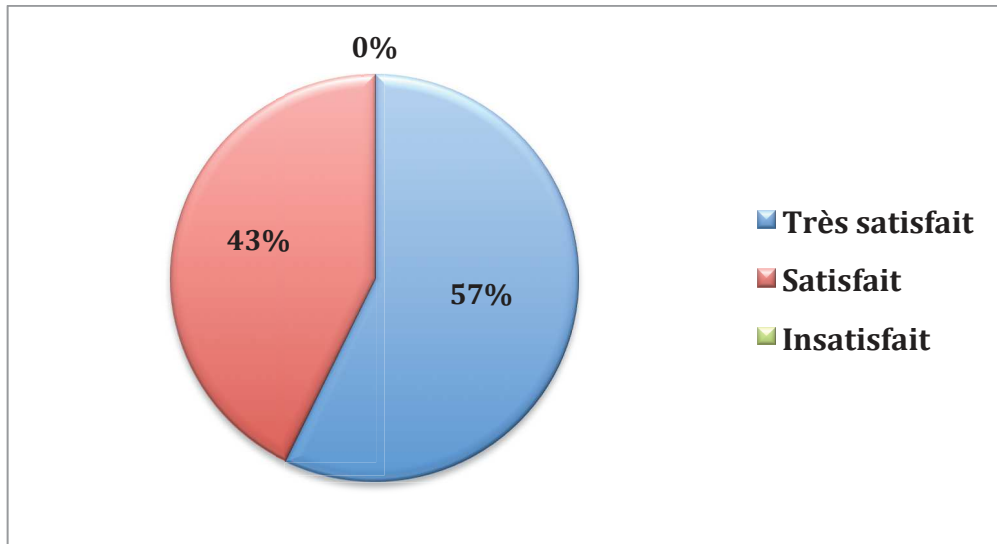


Figure 13 : Niveau de satisfaction de l'usage des miniplaques

Aucun utilisateur ne semble insatisfait de leur utilisation, bien au contraire, 57% des praticiens utilisateurs sont très satisfaits de ce moyen d'ancrage.

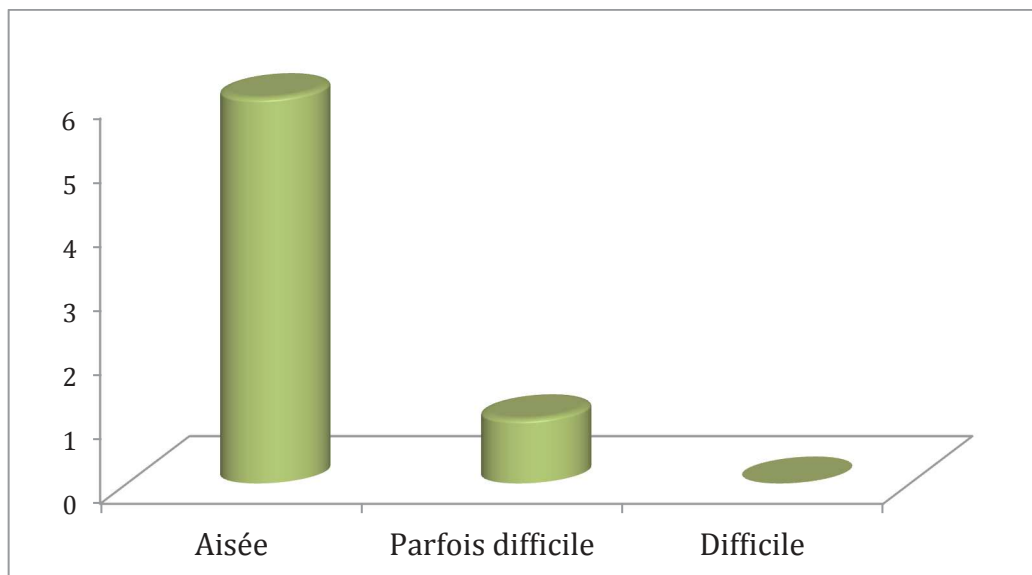


Figure 14: Niveau de difficulté dans la gestion quotidienne des miniplaques

Aucun praticien utilisateur ne trouve la gestion difficile, seul un praticien sur les 7 a noté une gestion parfois difficile. La majorité, elle, trouve cette utilisation aisée.

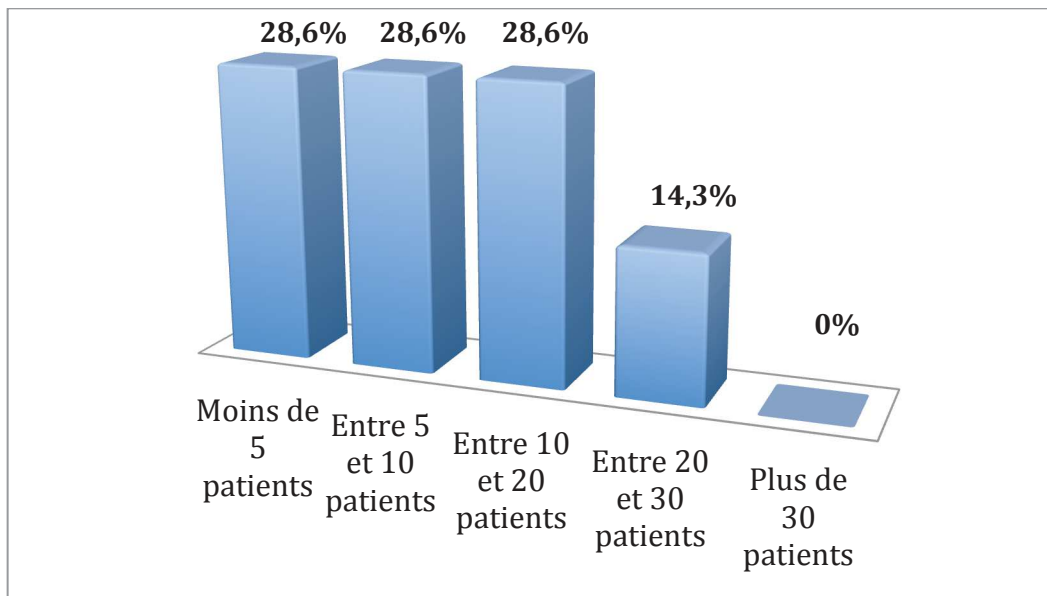


Figure 15 : Nombre de patients traités par miniplaques

La grande majorité des utilisateurs ont traité et traitent entre 2 et 20 patients à l'aide de miniplaques. Seulement 1 praticien sur les 7 a traité plus de 30 patients.

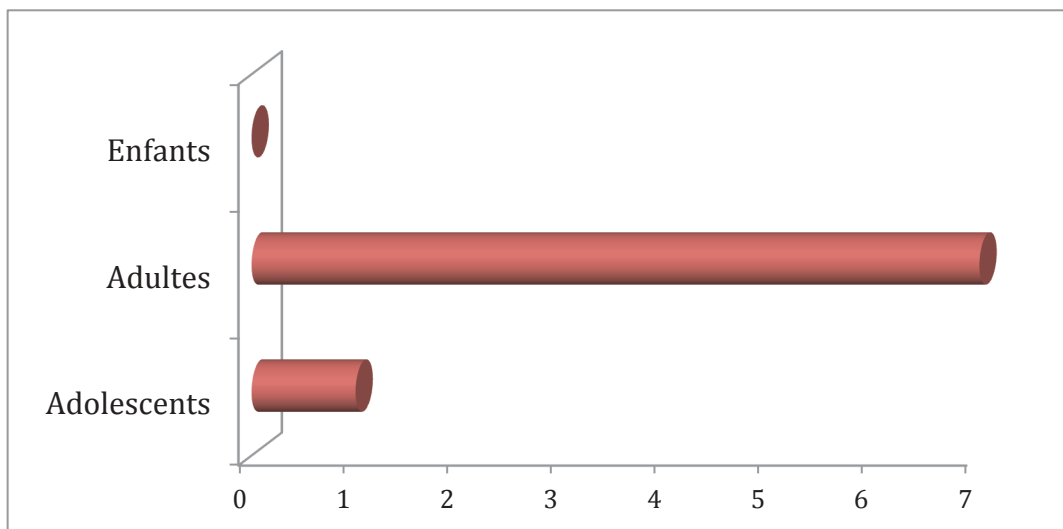


Figure 16 : Tranche d'âge des patients ayant été traités par miniplaques

La grande majorité des praticiens utilisent les miniplaques chez les adultes ; aucun des répondants n'utilise ce moyen d'ancrage chez l'enfant.

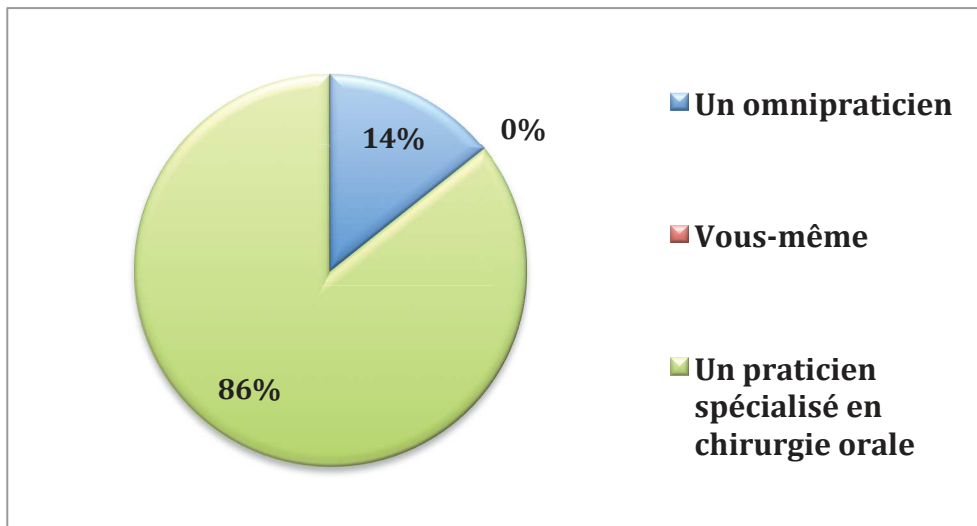


Figure 17 : Praticien réalisant l'acte chirurgical

Les utilisateurs demandent dans 14% des cas à un omnipraticien d'effectuer la pose. Dans 86% des cas, c'est un praticien spécialisé en chirurgie orale qui effectue l'acte. Aucun des orthodontistes ne pose lui même les mini plaques.

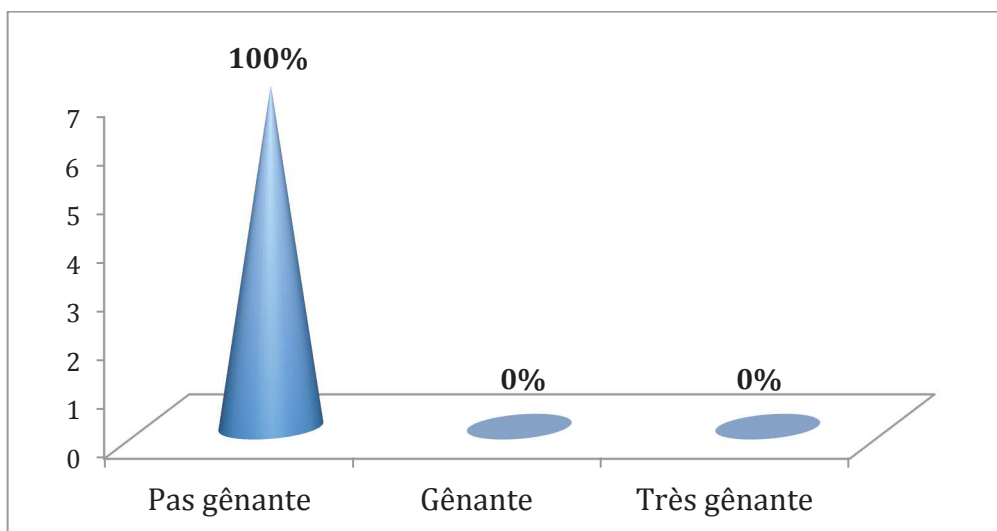


Figure 18 : Ressentiment des patients ayant recours à la pose des miniplaques selon les orthodontistes

Selon les orthodontistes, 100% des patients traités ne ressentent aucune gêne quand à la présence de ces miniplaques.

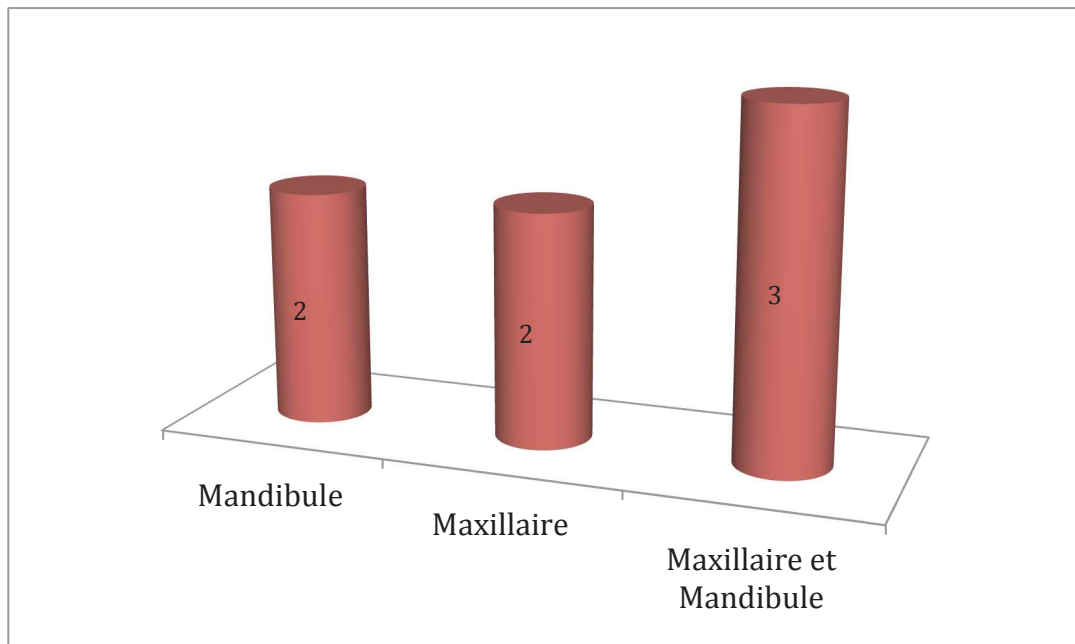


Figure 19: Localisation des miniplaques

Parmi les orthodontistes utilisateurs de miniplaques, trois les utilisent autant au maxillaire qu'à la mandibule.

Deux praticiens les utilisent seulement à la mandibule et deux également seulement au maxillaire.

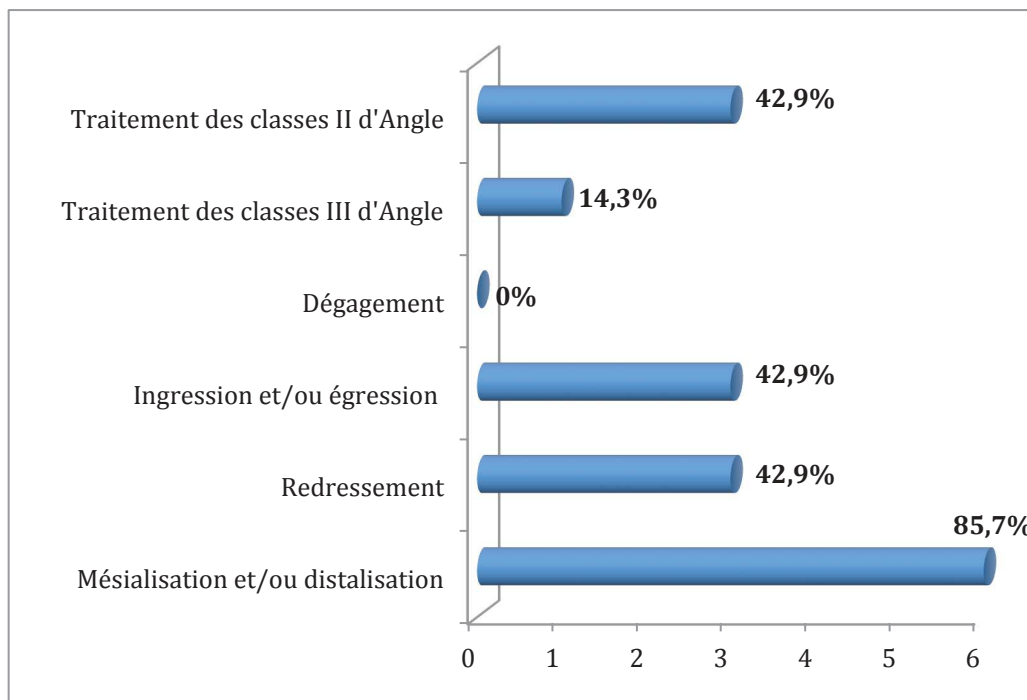


Figure 20 : Mouvements souhaités lors de l'utilisation des miniplaques

La mésialisation et/ou la distalisation des dents semblent être les deux principaux mouvements effectués par les orthodontistes grâce aux miniplaques d'ancrage. L'ingression et/ou l'égression, le traitement des classes II d'Angle ainsi que le redressement sont des mouvements réalisés également par les orthodontistes utilisateurs. Quelques uns vont également traiter des classes III d'Angle à l'aide de cet ancrage osseux.

Cependant, aucun des praticiens n'utilise les miniplaques afin d'obtenir le dégagement d'un dent retenue ou incluse.

➤ Remarques émises par les praticiens utilisateurs pour une amélioration de cette utilisation

- « Le choix de ces dispositifs est déjà conséquent. L'installation des miniplaques doit être le résultat d'une discussion précise entre l'orthodontiste et le chirurgien »
- « Améliorer les suites post-opératoires en facilitant leur mise en place sous anesthésie locale. Former les spécialistes en chirurgie orale à la pose de ces dispositifs. »
- « Cotation SS?... »

4. Non utilisation de miniplaques

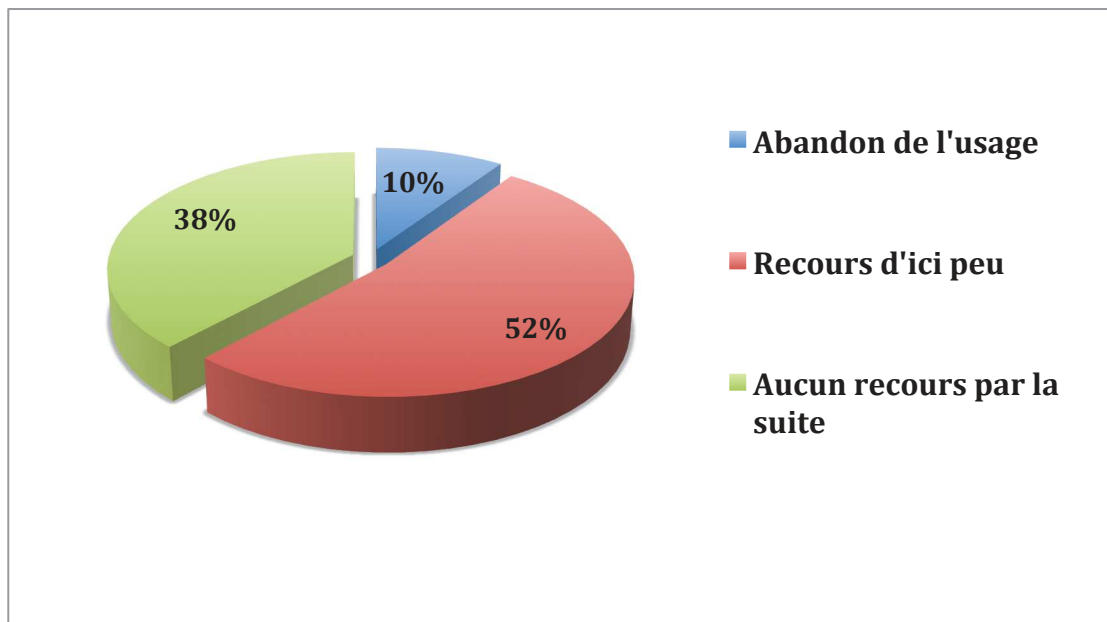


Figure 21 : Attitudes des non utilisateurs de miniplaques

Sur les 28 répondants, 21 praticiens n'utilisent pas les miniplaques dans leurs traitements. Sur ces 21 orthodontistes, 52% soit 11 praticiens souhaitent y avoir recours d'ici peu. On observe que 8 praticiens, ne pensent ne jamais en utiliser. Deux praticiens sur les 21 ont abandonné l'usage de ces miniplaques après tentative.

4. Arrêt de l'utilisation des miniplaques

Les deux orthodontistes ayant stoppé leur utilisation se justifie par une trop grande difficulté de mise en place, un coût trop important ainsi que par la nécessité d'un acte chirurgical.

5. Souhait d'utilisation des miniplaques

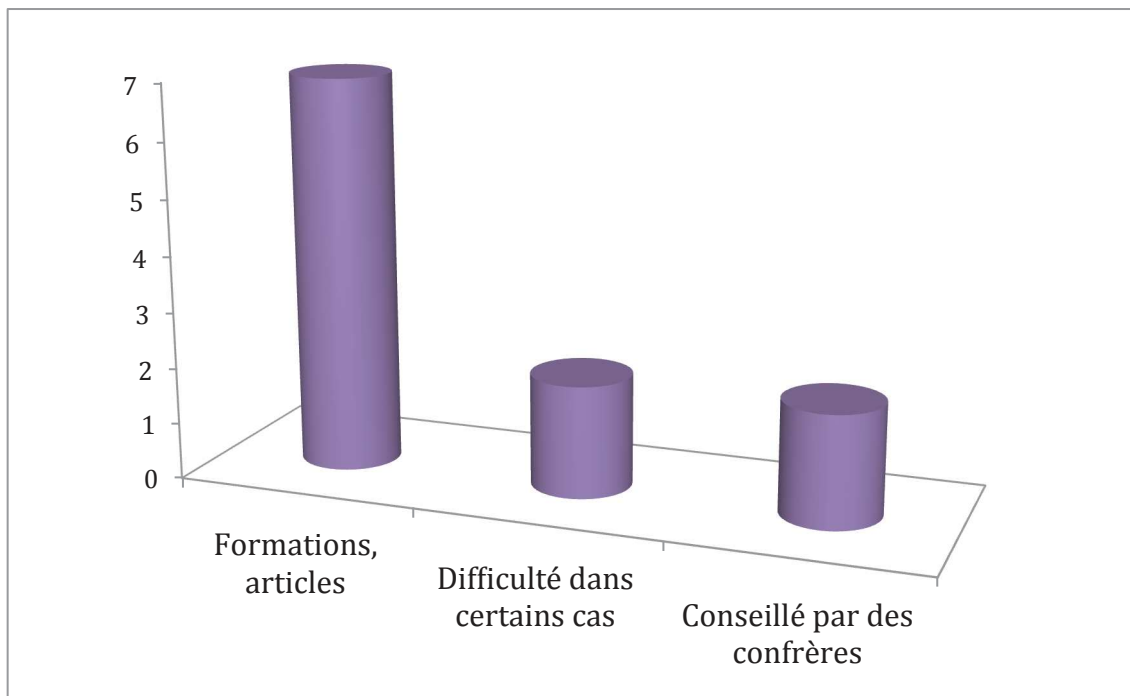


Figure 22 : Raisons de l'utilisation prochaine de miniplaques

Les futurs utilisateurs de miniplaques souhaitent y avoir recours car, pour la plupart, ils ont suivi des formations, lu des articles. Certains pensent trouver des solutions chez certains patients dont les traitements conventionnels trouvent leurs limites. Enfin, certains sont également conseillés par des confrères.

6. Non souhait d'utilisation des miniplaques

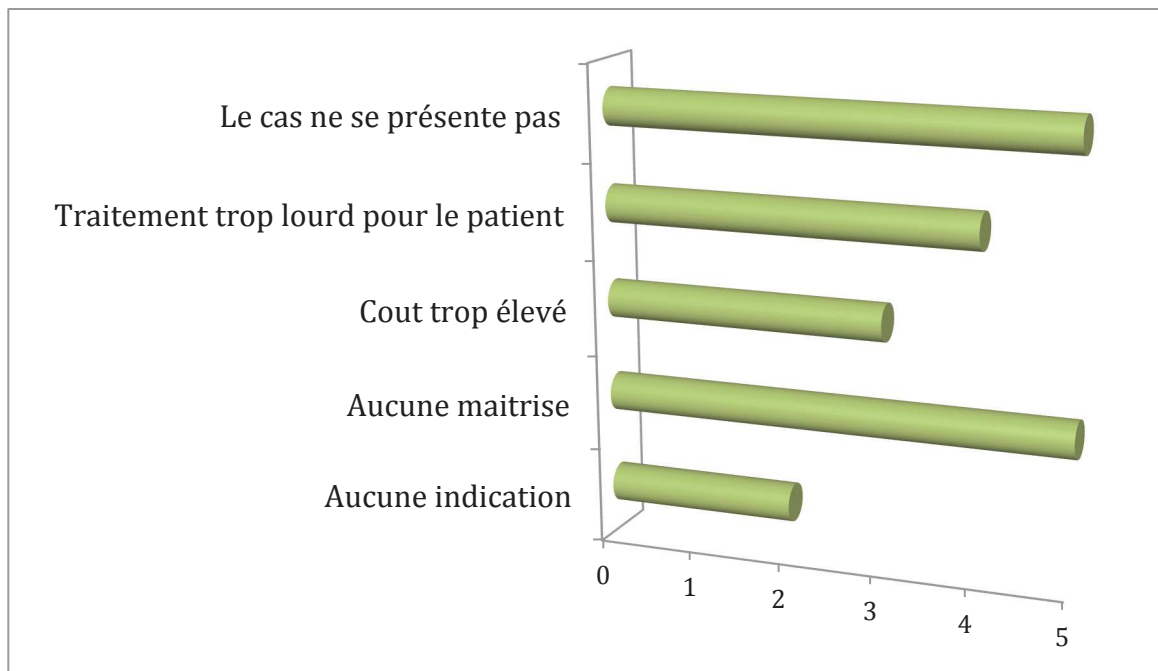


Figure 23 : Raisons de non utilisation des miniplaques d'ancrage

Les raisons de ce non usage sont nombreuses. Il est important de remarquer que la majorité n'en utilise pas du fait d'une non maîtrise de ce moyen d'ancrage.

➤ Remarques formulées par les orthodontistes non désireux d'utilisation.

- « Pas de remarques, si ce n'est que complexifier les traitements ODF à outrance, pour le patient comme pour le praticien, ne me parait pas une bonne chose. Savoir rester simple.....n'est pas simple. »
- « Manque de formations » pour plusieurs d'entre nous

IV. DISCUSSION

A. VARIATIONS LIEES AU SEXE ET A L'AGE

Les caractéristiques des participants au questionnaire sont les suivantes : 50% d'hommes et 50% de femmes, ce qui représente de près la répartition des orthodontistes en France. Dans une étude similaire de 2015, publiée par Bock et Ruf, 46% d'hommes ont répondu au questionnaire et 54% de femmes. (64)

Parmi les 7 utilisateurs de miniplaques, tous sont des hommes. Ceci semble aller de pair avec la connaissance du sujet. En effet, sur 7 orthodontistes considérant beaucoup connaître le sujet, 6 sont des hommes.

La tranche d'âge 40-50 ans présente la plus grande proportion d'utilisateurs, à hauteur de 5 praticiens sur 7. Les deux autres utilisateurs ont plus de 50 ans. Cela semble, encore une fois, aller de pair avec la connaissance du sujet. En effet, sur les 7 orthodontistes qui pensent connaître de façon importante le sujet, tous ont plus de 40 ans.

B. INTERET DU SUJET DES MINIPLAQUES

Cette partie soulève plusieurs points importants. En effet, il apparaît clairement que le sujet des minivis prend une place plus importante pour les répondants par rapport aux miniplaques. On note que 30% des répondants au questionnaire n'accordent aucune place aux miniplaques dans leurs traitements, alors que seulement 11% n'en accordent aucune aux minivis.

Ceci peut être, en parti, mis en relation avec la connaissance du sujet. En effet, aucun répondant ne semble avoir aucune connaissance sur le sujet des minivis alors que 14% des orthodontistes répondants n'ont aucune connaissance sur le sujet des miniplaques. Seulement 29% considèrent connaître beaucoup le sujet.

C. UTILISATEURS DE MINIPLAQUES

Il paraît logique de penser que les utilisateurs de miniplaques accordent un plus grand intérêt au sujet et répondent donc avec plus volontiers à un questionnaire portant sur ce sujet. Ainsi, ceci peut constituer un biais dans l'évaluation de la proportion utilisateurs/non utilisateurs.

Quand on considère seulement les participants utilisateurs, ils, quel que soit le recul clinique, considèrent bien connaître le sujet. De manière plutôt logique, les orthodontistes qui utilisent les miniplaques depuis plus de 5 ans, représentent la majeure partie des utilisateurs du sondage. On peut donc avancer que le sentiment de connaissance s'améliore logiquement avec la durée du recul clinique.

Le nombre de patients concernés augmente globalement avec l'âge de l'utilisateur et donc son recul clinique. Le nombre de patients concernés augmente peut être également parce que le nombre de patients pris en charge par l'orthodontiste augmente.

Cependant l'utilisation des miniplaques reste peu fréquente. En effet, au maximum pour un praticien, 30 patients sont traités par miniplaques.

Tous les utilisateurs des miniplaques sont satisfaits de cet usage. La majorité d'entre eux (86%), trouve la gestion des miniplaques aisée. Aucun des utilisateurs ne considère cette gestion difficile.

Les praticiens utilisateurs confient majoritairement la pose de leurs miniplaques à un spécialiste en chirurgie buccale. Aucun des utilisateurs ne réalise lui même la pose.

Les praticiens utilisateurs ont recours aux miniplaques autant à la mandibule qu'au maxillaire. Cependant les participants utilisant les miniplaques depuis plus de 5 ans pensent, majoritairement, avoir recours à des miniplaques situées sur l'arcade mandibulaire. Alors que les utilisateurs depuis moins de 5 ans estiment, majoritairement, avoir recours à des miniplaques situées sur l'arcade maxillaire.

Les mouvements les plus recherchés sont la mésialisation-distalisation, suivi de l'ingression-égression, le traitement des classes II d'Angle ainsi que le redressement des dents versées. Aucun utilisateur ne semble utiliser les miniplaques afin de dégager des dents incluses ou retenues.

Les participants utilisateurs recourent principalement aux miniplaques dans le cadre de traitement chez l'adulte.

La totalité des utilisateurs de miniplaques, utilisent également des traitements multi attaches linguales. En effet, la pratique de l'orthodontie linguale se heurte à des difficultés d'ancrage.

La présence de dispositifs collés sur la surface interne des dents ainsi que l'exigence en terme de discrétion des dispositifs, émanant des patients ayant recours à ce type de traitement, rendent l'utilisation des dispositifs d'ancrage conventionnels (arc transpalatin, force extra orale) plus que délicate et encouragent à recourir aux miniplaques.

Cela reste en accord avec les difficultés d'ancrage rencontrées en technique linguale, plus précisément lors de la rétraction en masse. L'ancrage des dents postérieures semble plus efficace en technique linguale par rapport à la technique vestibulaire, le fait de reculer les six dents postérieures sollicite énormément cet ancrage postérieur. Ainsi les miniplaques sont une réponse à ces difficultés.

Les utilisateurs, quelle que soit leur tranche d'âge, estiment que leurs patients ne ressentent aucune gêne quant à la présence de miniplaques.

D. NON UTILISATEURS DE MINIPLAQUES

Concernant les praticiens non utilisateurs de miniplaques, la majorité pense bientôt y avoir recours (52%). Ces futurs utilisateurs sont principalement des femmes (8/11) âgés de 30 à 40 ans.

Ces futurs utilisateurs se sont décidés après une formation ou une lecture d'articles scientifiques.

Un grand nombre de non utilisateurs (38%) n'en n'envisage pas l'usage du fait du manque de connaissance et de maîtrise. La grande majorité de ces non utilisateurs et ne souhaitant pas en utiliser ont plus de 40 ans.

Parmi les non utilisateurs, 10% les ont déjà utilisées et ont abandonné. Les principaux motifs d'abandon sont la difficulté de gestion par rapport à d'autres traitements plus simples ainsi que l'acte chirurgical.

E. CONCLUSION

Alors que les miniplaques sont entrées dans la pratique quotidienne des orthodontistes depuis quelques années, ce sondage a permis de confirmer leur place grandissante comme moyen d'ancrage.

Cette étude a confirmé des opinions et habitudes différentes en terme d'intérêt, de connaissances et d'usage. La majorité de jeunes praticiens disent s'y intéresser et susceptibles de les utiliser, ainsi nous pouvons dire que leur utilisation va vraisemblablement se généraliser davantage au sein de la profession.

Cet ancrage osseux a donc toute sa place dans la mise en œuvre des traitements orthodontiques. Cependant, l'usage semble encore minime chez les praticiens en terme de nombre de patients traités.

Une demande de formations sur les miniplaques est largement émise par les praticiens qui semblent vouloir en connaître d'avantage. La plupart des praticiens ne voulant pas utiliser de miniplaques donne comme raison la non maîtrise. Ceci va confirmer une fois de plus le manque de formations quant à l'utilisation et l'intérêt de ces miniplaques.

V. CONCLUSION

L'ancrage squelettique dans les traitements orthodontiques est actuellement une option certaine et faisant partie intégrante de l'arsenal thérapeutique de l'orthodontiste. Ses indications y sont nombreuses, et ouvrent de nouvelles alternatives dans le traitement de l'adulte.

En effet, l'ancrage squelettique est devenu un sujet important, un outil rythmique en orthodontie et les résultats de toutes les études présentées sont prometteurs pour les traitements et recherches futures.

Les plaques d'ancrage se révèlent être, au travers de notre étude bibliographique, une technique fiable, permettant l'obtention d'un ancrage orthodontique absolu (pas de force de réaction sur les dents, et aucun effet indésirable), voire l'arrêt de l'utilisation des forces extra orales. En effet, ces miniplaques, contrairement aux ancrages conventionnels ou même aux minivis, permettent d'obtenir des mouvements qui étaient jusque là très difficiles voire quasi impossibles à réaliser. Il a été montré à travers de nombreuses études que le temps de traitement est diminué, et que la technique chirurgicale peu invasive est très bien supportée par le patient. De plus, l'utilisation de ce moyen d'ancrage squelettique peut éviter le recours à des traitements chirurgico orthodontiques. La coopération du patient semble moins sollicitée que lors des traitements orthodontiques conventionnels. Cependant une hygiène irréprochable est toujours demandée au patient.

Toujours en terme d'efficacité, il est essentiel que l'orthodontiste et le chirurgien spécialiste en chirurgie orale communiquent afin d'optimiser les résultats et le temps de traitement.

Actuellement, ces moyens d'ancrage sont des outils de plus en plus ergonomiques et fiables. En effet, leur mise en place semble de plus en plus aisée ainsi que leur gestion simplifiée.

Cependant, suite aux réponses au questionnaire mené chez les orthodontistes du Bas-Rhin, seulement 25% utilisent ces miniplaques et ce malgré les résultats prometteurs de ces dernières années. Leur place est définie comme importante de la part des praticiens répondant au questionnaire. Les non utilisateurs mettent en avant qu'ils n'en ressentent pas le besoin, privilégiant les techniques conventionnelles.

La plupart de ces non utilisateurs nous font remarquer le manque de formations et donc de connaissances sur le sujet. Enfin les « anciens praticiens » les ont abandonnées pour plusieurs raisons comme notamment le coût du matériel. La difficulté de gestion du matériel est également une raison de leur abandon malgré une réponse largement positive sur ce sujet par les utilisateurs actuels.

La mise en place d'une formation pratique dans le cursus universitaire permettrait de former les praticiens à l'utilisation de ces moyens d'ancrage en plus des traitements conventionnels.

Il semblerait que les microvis enfouies, sous muqueuses sont une alternative intéressante aux miniplaques vissées. Les critères d'un ancrage idéal sont respectés de par leur situation à distance des racines, leur forme... (48) :

- mêmes avantages que les miniplaques pour les tractions orthodontiques
- une intervention plus brève : une simple incision suffit
- coût moindre
- des suites post-opératoires minimales : le risque d'infiltration bactérienne est éliminé par la distance entre la tête de vis et l'émergence du fil

Des études pourront être menées afin d'évaluer et comparer plus en détail ces derniers systèmes d'ancrage orthodontiques.

SIGNATURE DES CONCLUSIONS

Thèse en vue du Diplôme d'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire

Nom - prénom de l'impétrant : BENSALD Hélène

Titre de la thèse : Les plaques d'ancrage: Profil de leur utilisation par les Orthodontistes du Bas-Rhin.

Directeur de thèse : Docteur BAHI-GROSS Sophie

VU

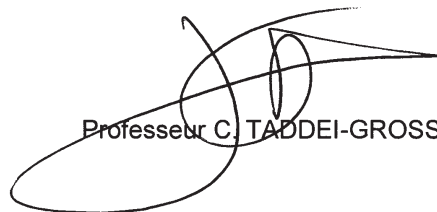
Strasbourg, le : **01 SEP. 2017**
Le Président du Jury,



Professeur M. MINOUX

VU

Strasbourg, le : **01 SEP. 2017**
Le Doyen de la Faculté
de Chirurgie Dentaire de Strasbourg,



Professeur C. TADDEI-GROSS

Annexe

Exemplaire du questionnaire envoyé aux orthodontistes spécialisés en orthopédie dento-faciale du Bas-Rhin.

Utilisation des miniplaques d'ancrage par les Orthodontistes du Bas-Rhin

Bonjour, dans le cadre de ma thèse de doctorat en chirurgie dentaire dirigée par le docteur Sophie Bahi-Gross, pourriez-vous prendre quelques minutes pour répondre à ce questionnaire.

Il s'adresse à tous les orthodontistes spécialisés en orthopédie dento-faciale utilisateurs OU NON des miniplaques d'ancrage.

Les résultats de cette étude seront publiés dans ma thèse d'exercice et permettront d'avoir un aperçu quand à l'utilisation de ces miniplaques par les orthodontistes du Bas-Rhin.

Ce questionnaire est rapide à remplir et reste totalement **anonyme**.

Merci d'avance pour votre participation et serait ravi de vous convier à ma soutenance qui aura lieu courant 2017.

BENSAID Hélène

Pour toute question, vous pouvez me contacter par mail : bensaidhelene@gmail.com

Etes-vous ?

- Une femme
- Un homme

Quel est votre âge ?

- De 20 à 30 ans
- De 30 à 40 ans

- De 40 à 50 ans
- Plus de 50 ans

Année d'obtention du diplôme :

Quelles sont vos habitudes lors des traitements orthodontiques ?

- Traitement par multi attaches vestibulaires
- Traitement par multi attaches linguales
- Traitement par gouttières

L'usage des dispositifs **minivis** dans le traitement orthodontique est un sujet que vous connaissez :

- Un peu
- Beaucoup
- Pas du tout

L'usage des dispositifs **miniplaques** dans le traitement orthodontique est un sujet que vous pensez :

- Un peu
- Beaucoup
- Pas du tout

Quelle place faut-il accorder aux **minivis** dans le traitement orthodontique ?

Une place

- Importante
- Indiscutable
- Absente

Quelle place faut-il, selon vous, accorder aux **miniplaques** dans le traitement orthodontique ?

Une place

- Importante
- Indiscutable
- Aucune

Dans votre pratique quotidienne, à quel(s) type(s) de dispositif d'ancrage « conventionnels » avez-vous recours ?

- Déformations sur les arcs
- Auxiliaires d'ancrage fixes comme arc lingual, arc de Nance, arc transpalatin
- Forces extra orales
- Miniplaques
- Minivis

Avez-vous recours à la pose de miniplaques dans vos traitements ?

- Oui
- Non

SOUS SECTION 1

Parmi les praticiens ayant répondu OUI à l'utilisation des miniplaques :

Vous utilisez les miniplaques depuis :

- Moins de 1 an
- 1 à 5 ans
- Plus de 5 ans

Etes-vous :

- Satisfait de cette utilisation
- Très satisfait de cette utilisation
- Insatisfait de cette utilisation

Concernant son utilisation, comment trouvez vous la gestion des miniplaques au quotidien ?

- Aisée
- Parfois difficile
- Difficile

Combien de vos patients ont reçu un traitement par miniplaques ?

- Moins de 5 patients
- Entre 5 et 10 patients
- Entre 10 et 20 patients
- Entre 20 et 30 patients
- Plus de 30 patients

Concernant ces patients, dans quelle(s) tranche(s) d'âge se trouvent-ils ?

- Adultes
- Adolescents
- Enfants

Pour la pose de ces miniplaques d'ancrage, qui effectue l'acte chirurgical ?

- Un omnipraticien
- Vous-même
- Un praticien spécialisé en chirurgie buccale

Selon vous, comment vos patients ressentent-ils la présence de ces miniplaques ?

- Pas gênante

- Gênante
- Très gênante

Dans votre pratique, les miniplaques sont utilisées :

- A la mandibule
- Au maxillaire

Quels sont les mouvements souhaités lors de cette utilisation ?

- Mésialisation et/ou distalisation
- Redressement molaire
- Ingression et/ou égression
- Traitement des classes II d'Angle
- Dégagement
- Traitement des classes III d'Angle

Quelles remarques pourriez vous émettre afin d'améliorer l'utilisation de ces miniplaques (Formes, matière, taille, cout, formations...)

Réponse longue

SOUS SECTION 2

Parmi les praticien ayant répondu NON à l'utilisation des miniplaques :

Vous n'utilisez donc pas de miniplaques mais :

- Vous en avez déjà utilisé mais vous avez abandonné l'usage
- Vous n'en n'avez jamais utilisé mais pensez bientôt en avoir recours
- Vous n'en n'avez jamais utilisé et pensez ne jamais en utiliser

SOUS SECTION 3

Parmi les praticiens ayant abandonnés l'utilisation des miniplaques :

Vous avez arrêté d'utiliser les miniplaques, pourquoi ?

- Décevant, perte de l'ancrage
- Fracture de l'ancrage
- Difficulté d'utilisation
- Trop douloureux pour le patient
- Coût trop élevé
- Formation pratique insuffisante
- Formation théorique insuffisante
- Autre motif :

Quelle(s) remarque(s) pourriez-vous émettre afin de vous faire changer d'avis ?
(Formation, baisse du coût...)

Réponse longue

SOUS SECTION 4

Parmi les FUTURS utilisateurs de miniplaques :

Vous souhaitez avoir recours aux miniplaques car

- Vous avez suivi une formation, lu des articles...
- Vous avez des difficultés dans la gestion de certains cas (perte d'ancrage...)
- Vos confrères vous en rapportent que du bien

SOUS SECTION 5

Parmi les non utilisateurs et n'envisageant pas d'en devenir :

Vous ne souhaitez pas utiliser de miniplaques, pourquoi ?

- Vous n'en trouvez pas d'indication

- Vous ne maîtriser pas l'utilisation
- Vous trouvez le coût trop élevé
- Vos patients trouvent ce traitement trop lourd
- Le cas ne se présente pas au cabinet
- Autres motifs : ...

Quelle(s) remarque(s) pourriez-vous émettre afin de vous faire changer d'avis ?
(Formation, baisse du coût...)

Réponse longue

Nous vous remercions vivement d'avoir pris le temps de répondre à ces questions.
Nous prions de croire, cher confrère, en nos sentiments les plus reconnaissants.

Hélène Bensaid

Bibliographie

1. BARON P.

Quoi de neuf en pratique orthodontique ? : une interview de Laurence Bury.

Dent Trib. nov 2011

2. Sugawara J, Nishimura M.

Minibone plates: The skeletal anchorage system.

Semin Orthod. mars 2005;**11**(1):47-56.

3. Bassigny F, Watcher DC Jean-Gabriel Chillès, Bernard Dumoulin, Raphaël Filippi, Michel Le Gall, Leonardo Matossian, Laurent.

Nouvelles conception de l'ancrage en orthodontie

Editions Cdp. Initiatives Sante; 2015. 292 p.

4. Sugawara J, Kanzaki R, Takahashi I, Nagasaka H, Nanda R.

Distal movement of maxillary molars in nongrowing patients with the skeletal anchorage system.

Am J Orthod Dentofacial Orthop. juin 2006;**129**(6):723-33.

5. De Clerck H.

Biomechanics of skeletal anchorage. Part 2: class 2 non extraction treatment.

J Clin Orthod 2006;**40**(5):290-298

6. Ribeiro GLU, Jacob HB.

Understanding the basis of space closure in Orthodontics for a more efficient orthodontic treatment.

Dent Press J Orthod. avr 2016;**21**(2):115-25.

7. Bolender Y.

Biomécanique

Cours

8. Faure J.

Biomécanique orthodontique.

Les Ulis: Éd. SID; 2011.

9. Bonnefont R, Guyomard F.

Rappel des notions de mécaniques utilisables en orthopédie dento-faciale.

Rev Orthopédie Dento-Faciale. janv 1979;**13**(1):5-25.

10. Smith RJ, Burstone CJ.

Mechanics of tooth movement.

Am J Orthod. avr 1984;**85**(4):294-307.

11. ALEHYANE N.

Mini vis et ancrage orthodontique: mise au point.

Revue d'Odonto-Stomatologie. sept 2011 [cité 18 juill 2016]

12. Thébault B, Bédhet N, Béhaghel M, Elamrani K.

The benefits of using anchorage miniplates. Are they compatible with everyday orthodontic practice?

Int Orthod. déc 2011;**9**(4):353-87.

13. Dr Chilles

Les Ancrages osseux en orthodontie.

Cours

14. Massif L, Frapier L.

Utilisation clinique des minivis en orthodontie.

Odontologie/orthopédie dento faciale. (Encycl Med Chir (Paris)).

15. AMAT P.

Entretien avec Hugo De Clerck.

Revue Orthopédie Dento Faciale 2006; 40:9-36.

16. Asscherickx K, Vannet BV, Bottenberg P, Wehrbein H, Sabzevar MM.

Clinical observations and success rates of palatal implants.

Am J Orthod Dentofacial Orthop. janv 2010;**137**(1):114-22.

17. Dr Davarpanah

L'ancrage squelettique indirect et direct

Internet cité 31 août 2016

Disponible sur: <http://www.les-implants-dentaires.com/mini-implants/ancrage-squelettique.htm>

18. Nefussi J.R, Valet N., Lejoyeux E, Flageul E,

L'entité fonctionnelle odontologique au cours du déplacement orthodontique. Orthopedie dento-faciale, une approche bioprogressive.

Quintessence International, 1999

19. Quinn RS, Yoshikawa DK.

A reassessment of force magnitude in orthodontics.

Am J Orthod. sept 1985;**88**(3):252-60.

20. Ostad AI

Les Auxilliaires en odf

Internet: Les cours dentaire.

Disponible sur: <http://cours-dentaire.blogspot.fr/2011/01/les-auxilliaires-en-odf.html>

21. De Clerck H.

Bollard Miniplates

Internet : Disponible sur: <http://www.hugodeclerck.net/Product.html>

22. De Clerck H.

Biomechanics of skeletal anchorage. Part 1: class 2 extraction treatment.

J Clin Orthod 2006;**40**(4):261-269

- 23.** Chung K-R, Kim S-H, Kang Y-G, Nelson G. Orthodontic miniplate with tube as an efficient tool for borderline cases. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* avr 2011;**139**(4):551-62.
- 24.** Kim S, Herring S, Wang I-C, Alcalde R, Mak V, Fu I, et al.
A comparison of miniplates and teeth for orthodontic anchorage.
Am J Orthod Dentofacial Orthop. févr 2008;**133**(2):189.e1-189.e9.
- 25.** Çetinşahin A, Dinçer M, Arman-Özçırpıcı A, Uçkan S.
Effects of the zygoma anchorage system on canine retraction.
Eur J Orthod. 1 oct 2010;**32**(5):505-13.
- 26.** Kecik D.
Comparison of temporary anchorage devices and transpalatal arch-mediated anchorage reinforcement during canine retraction.
Eur J Dent. déc 2016;**10**(4):512.
- 27.** Sugawara J, Daimaruya T, Umemori M, Nagasaka H, Takahashi I, Kawamura H
Distal movement of mandibular molars in adult patients with the skeletal anchorage system.
Am J Orthod Dentofacial Orthop. févr 2004;**125**(2):130-8.
Am J Orthod Dentofacial Orthop. avr 2006;**129**(4):551-4.
- 28.** Sugawara J.
Temporary skeletal anchorage devices: The case for miniplates.
Am J Orthod Dentofacial Orthop. mai 2014;**145**(5):559-65.
- 29.** Cornelis MA, De Clerck HJ.
Maxillary molar distalization with miniplates assessed on digital models: A prospective clinical trial.
Am J Orthod Dentofacial Orthop. sept 2007;**132**(3):373-7.

30. Faber J, Velasque F.

Titanium miniplate as anchorage to close a premolar space by means of mesial movement of the maxillary molars.

Am J Orthod Dentofacial Orthop. oct 2009;**136**(4):587–95.

31. De Clerck H, Cornelis M, Timmerman H.

The use of a bone anchor for holding upright a tipped molar in the lower jaw.

Ned Tijdschr Tandheelkd. janv 2004;**111**(1):10–3.

32. Miyahira YI, Maltagliati LÁ, Siqueira DF, Romano R.

Miniplates as skeletal anchorage for treating mandibular second molar impactions.

Am J Orthod Dentofacial Orthop. juill 2008;**134**(1):145–8.

33. Peres FG, Padovan LEM, Kluppel LE, Albuquerque GC, Souza PCU de, Claudino M.

Use of miniplates as a method for orthodontic anchorage: a case report.

Dent Press J Orthod. oct 2016;**21**(5):95.

34. Salagnac JM.

Treatment of Class III malocclusions

Orthod Francaise. juin 2006;**77**(2):187–206.

35. Kapust AJ, Sinclair PM, Turley PK.

Cephalometric effects of face mask/expansion therapy in Class III children: a comparison of three age groups.

Am J Orthod Dentofac Orthop. févr 1998;**113**(2):204–12.

36. Thiesen G, Fontes J de O da L, Zastrow MD, May NB.

Incremental effects of facemask therapy associated with intermaxillary mechanics.

Aust Orthod J. mai 2010;**26**(1):78–83.

37. Kircelli BH, Pektas ZÖ.

Midfacial protraction with skeletally anchored face mask therapy: A novel approach and preliminary results.

Am J Orthod Dentofacial Orthop. mars 2008;**133**(3):440-9.

38. Sahin T, Delforge A, Garreau E, Raoul G, Ferri J.

Orthopedic treatment of Class III malocclusions using skeletal anchorage: A bibliographical review.

Int Orthod. sept 2016;**14**(3):263-72.

39. De Clerck H, Cevidanes L, Baccetti T.

Dentofacial effects of bone-anchored maxillary protraction: A controlled study of consecutively treated Class III patients.

Am J Orthod Dentofacial Orthop. nov 2010;**138**(5):577-81.

40. Baccetti T, Clerck HJD, Cevidanes LH, Franchi L.

Morphometric analysis of treatment effects of bone-anchored maxillary protraction in growing Class III patients.

Eur J Orthod. avr 2011;**33**(2):121.

41. De Clerck HJ, Cornelis MA, Cevidanes LH, Heymann GC, Tulloch CJF.

Orthopedic Traction of the Maxilla With Miniplates: A New Perspective for Treatment of Midface Deficiency.

J Oral Maxillofac Surg. oct 2009;**67**(10):2123-9.

42. Cevidanes L, Baccetti T, Franchi L, McNamara JA, De Clerck H.

Comparison of two protocols for maxillary protraction: bone anchors versus face mask with rapid maxillary expansion.

Angle Orthod. sept 2010;**80**(5):799-806.

- 43.** Nguyen T, Cevidanes L, Cornelis MA, Heymann G, de Paula LK, De Clerck H.
Three-dimensional assessment of maxillary changes associated with bone anchored maxillary protraction.
Am J Orthod Dentofacial Orthop. déc 2011;**140**(6):790-8.
- 44.** Nishimura M, Sannohe M, Nagasaka H, Igarashi K, Sugawara J.
Nonextraction treatment with temporary skeletal anchorage devices to correct a Class II Division 2 malocclusion with excessive gingival display.
Am J Orthod Dentofacial Orthop. janv 2014;**145**(1):85-94.
- 45.** Umemori M, Sugawara J, Mitani H, Nagasaka H, Kawamura H.
Skeletal anchorage system for open-bite correction.
Am J Orthod Dentofacial Orthop. févr 1999;**115**(2):166-74.
- 46.** Erverdi N, Keles A, Nanda R.
The use of skeletal anchorage in open bite treatment: a cephalometric evaluation.
Angle Orthod. 2004;**74**(3):381-390.
- 47.** De Clerck H.
Biomechanics of skeletal anchorage. Part 3: Intrusion.
J Clin Orthod.
- 48.** Farret MM, Farret MMB.
Class II malocclusion with accentuated occlusal plane inclination corrected with miniplate: a case report.
Dent Press J Orthod. juin 2016;**21**(3):94-103.
- 49.** Apel S, Apel C, Morea C, Tortamano A, Dominguez GC, Conrads G.
Microflora associated with successful and failed orthodontic mini-implants.
Clin Oral Implants Res. 1 nov 2009;**20**(11):1186-90.

50. Cornelis, Marie A., Nicole R. Scheffler, Pierre Mahy, Sergio Siciliano, Hugo J. De Clerck, et J. F. Camilla Tulloch.

Modified Miniplates for Temporary Skeletal Anchorage in Orthodontics: Placement and Removal Surgeries.

Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. Juillet 2008;**66**(3):1439-45.

51. De Clerck H.

Bollard miniplates - Surgeon

Internet: Disponible sur: <http://www.hugodeclerck.net/info%20surgeon.html>

52. De Clerck H, Geerinckx V, Siciliano S.

The Zygoma Anchorage System.

J Clin Orthod JCO. août 2002;**36**(8):455-9.

53. Kim J-W, Ahn S-J, Chang Y-I.

Histomorphometric and mechanical analyses of the drill-free screw as orthodontic anchorage.

Am J Orthod Dentofacial Orthop. août 2005;**128**(2):190-4.

54. Büchter A, Wiechmann D, Koerdt S, Wiesmann HP, Piffko J, Meyer U.

Load-related implant reaction of mini-implants used for orthodontic anchorage.

Clin Oral Implants Res. 1 août 2005;**16**(4):473-9.

55. Cornelis MA, Scheffler NR, De Clerck HJ, Tulloch JFC, Behets CN.

Systematic review of the experimental use of temporary skeletal anchorage devices in orthodontics.

Am J Orthod Dentofacial Orthop. avr 2007;**131**(4, Supplement):S52-8.

56. Melsen B, Lang NP.

Biological reactions of alveolar bone to orthodontic loading of oral implants.

Clin Oral Implants Res. 1 avr 2001;**12**(2):144-52.

57. Sugawara J.

Interview Dr Junji Sugawara ont the Skeletal Anchorage System.

J Clin Ortho 1999;**33**(12):689-96.

58. Chen Y-J, Chang H-H, Huang C-Y, Hung H-C, Lai EH-H, Yao C-CJ.

A retrospective analysis of the failure rate of three different orthodontic skeletal anchorage systems.

Clin Oral Implants Res. 1 déc 2007;**18**(6):768-75.

59. Karagkiolidou A, Ludwig B, Pawel Pazera P, Gkantidis N, Pandis N, Katsaros C.

Survival of palatal miniscrews used for orthodontic appliance anchorage: A retrospective cohort study

American Journal of Orthodontic and Dentofacial Orthopedics, 2013; **143**(6), 767-772

60. Choi B-H, Zhu S-J, Kim Y-H.

A clinical evaluation of titanium miniplates as anchors for orthodontic treatment.

Am J Orthod Dentofacial Orthop. sept 2005;**128**(3):382-4.

61. Takaki T, Tamura N, Yamamoto M, Takano N, Shibahara T, Yasumura T.

Clinical study of temporary anchorage devices for orthodontic Treatment - stability of micro/miniscrews and miniplaques: experience of 455 cases.

Bull Tokyo Dent Coll. 2010;**51**(3):151-163

62. De Clerck EEB, Swennen GRJ.

Success rate of miniplate anchorage for bone anchored maxillary protraction.

Angle Orthod. 23 juin 2011;**81**(6):1010-3.

63. Cornelis MA, Scheffler NR, Nyssen-Behets C, De Clerck HJ, Tulloch JFC.

Patients' and orthodontists' perceptions of miniplates used for temporary skeletal anchorage: A prospective study.

Am J Orthod Dentofacial Orthop. janv 2008;**133**(1):18-24.

64. Bock NC, Ruf S.

Skeletal anchorage for everybody? A questionnaire study on frequency of use and clinical indications in daily practice.

J Orofac Orthop Fortschritte Kieferorthopädie. 1 mars 2015;**76**(2):113-28.

65. Bailleau A.

Utilisation des plaques d'ancrage pour le traitement orthodontique de l'adulte.

Thèse, 2012

66. Smith RJ, Burstone CJ.

Mechanics of tooth movement.

Am J Orthod. avril 1984;**85**(4):294-307