

UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE D'ODONTOLOGIE

ANNEE : 2011

N° :

**APPROCHE BIOMECANIQUE
DES TRAITEMENTS ORTHODONTIQUES
A L'AIDE D'UN ANCRAGE SQUELETTIQUE**

THESE POUR LE DIPLOME D'ETAT DE
DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

*présentée
et soutenue publiquement par*

Laure REBUFFET

Née le 7 Février 1986

Le 18 Octobre 2011, devant le jury ci-dessous :

Président : Monsieur le Professeur O. LABOUX
Assesseur : Monsieur le Docteur S. RENAUDIN
Assesseur : Madame le Docteur M. HOUCHMAND-CUNY

Directeur de thèse : Monsieur le Docteur M. ROUVRE

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	4
PREMIERE PARTIE : Mécanique appliquée au déplacement dentaire.....	6
1. Base de la mécanique.....	7
1-1 Caractéristiques des forces orthodontiques.....	7
1-2 Centre de résistance.....	8
1-3 Moment d'une force.....	8
1-4 Centre de rotation.....	9
1-5 Couple de forces.....	9
2. Notion d'ancrage orthodontique.....	9
2-1 Troisième loi de Newton.....	9
2-2 Trinôme de Nevrézé.....	10
2-3 Ancrage direct, ancrage indirect.....	11
DEUXIEME PARTIE : Applications biomécaniques des minivis en ODF.....	13
1. Généralités.....	14
1-1 Indications des minivis.....	14
1-2 Localisation des minivis.....	15
1-3 Limites à l'utilisation des minivis.....	16
2. Technique multiattache vestibulaire.....	17
2-1 Contrôle des déplacements sagittaux.....	17
2-2 Contrôle des déplacements verticaux.....	18
2-3 Contrôle des déplacements transversaux.....	18
3. Technique multiattache linguale.....	19
3-1 Contrôle des déplacements sagittaux et verticaux.....	19
	20

3-2 Contrôle des déplacements transversaux.....	
TROISIEME PARTIE : Solutions cliniques en fonction des différentes indications.....	21
1. Contrôle antéro-postérieur et vertical.....	22
1-1 Dents antérieures.....	22
1-1-1 Renforcement d'ancrage.....	22
1-1-1-1 Renforcement d'ancrage des dents antérieures maxillaires dans le plan horizontal.....	22
1-1-1-2 Renforcement d'ancrage des dents antérieures maxillaires dans le plan vertical.....	23
1.1.1.3 Renforcement d'ancrage des dents antérieures mandibulaires dans le plan horizontal.....	24
1.1.1.4 Renforcement d'ancrage des dents antérieures mandibulaires dans le plan vertical.....	24
1.1.2 Ingression.....	26
1.1.3 Egression.....	28
1.1.4 Rétraction antérieure.....	29
1.1.4.1 Principes.....	30
1.1.4.2 Positionnement des minivis.....	31
1.1.4.3 Contrôle du torque antérieur.....	32
1.1.4.4 Contrôle de la position verticale.....	32
1.1.4.5 Contrôle de la forme d'arcade.....	34
1.1.4.6 Contrôle du bowing.....	36
1.1.4.7 Alignement des milieux.....	37
1.1.4.8 Mécanique linguale.....	37
1-2 Canines.....	38
1-2-1 Rétraction canine.....	38
1-2-2 Mise sur arcade des canines incluses.....	38
1-3 Dents postérieures.....	38
1-3-1 Renforcement d'ancrage.....	40
1-3-2 Ingression.....	41
1-3-2-1 Principes.....	42
1-3-2-2 Ingression à l'aide d'une minivis unique.....	44
1-3-2-3 Ingression à l'aide de miniplaques.....	45
	45
	46

1-3-2-4 Ingression à l'aide de plusieurs minivis.....	
1-3-2-5 Ingression à l'aide d'un ancrage squelettique indirect.....	
1-3-2-6 Ingression des molaires mandibulaires.....	
1-3-2-7 Ingression et dimension verticale.....	
1-3-3 Egression.....	47
1-3-4 Redressement de l'axe des molaires.....	47
1-3-5 Mésialisation ou protraction molaire.....	51
1-3-5-1 Principes.....	51
1-3-5-2 Contrôle transversal.....	51
1-3-5-3 Contrôle vertical et sagittal.....	52
1-3-5-4 Ancrage direct-ancrage indirect.....	53
1-3-6 Distalisation.....	55
2. Contrôle de la dimension transversale.....	60
2-1 Expansion maxillaire.....	60
2-2 Constriction de l'arcade.....	61
2-3 Occlusion inversée.....	62
2-4 Déplacement transversal d'une seule dent.....	63
QUATRIEME PARTIE : Correction de malocclusions à l'aide de minivis : présentation de cas cliniques.....	65
1. Correction d'une malocclusion de classe II avec extractions.....	66
1-1 Cas clinique n°1 : Correction d'une classe II unilatérale par recul molaire à l'aide d'une minivis.....	67
1-2 Cas clinique n°2 : Correction d'une classe II canine par rétraction du bloc incisivo-canin à l'aide de miniplaques.....	71
2. Cas Clinique n°3 : Correction d'une malocclusion de classe II sans extraction.....	77
3. Cas Clinique n°4 : Correction d'une malocclusion de classe III.....	82
CONCLUSIONS.....	87
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	89
TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	92
	95

ANNEXES.....

INTRODUCTION

Un des objectifs de l'orthodontie est d'obtenir un déplacement dentaire avec le minimum d'effets indésirables. L'importance de l'ancrage est donc fondamentale.

Par sa troisième loi, Newton nous décrit le principe d'action-réaction. Celui-ci nous éclaire sur un certain nombre de phénomènes apparaissant au cours des traitements orthodontiques, sans toutefois nous permettre de tous les résoudre.

Traditionnellement, l'ancrage peut être renforcé en augmentant le nombre de dents concernées ou en s'appuyant sur la musculature ou sur des dispositifs extra-buccaux.

Cependant, la démocratisation des traitements chez l'adulte entraîne aujourd'hui un attrait grandissant pour les traitements esthétiques et nécessitant un minimum de coopération. Ceux-ci ont contribué à favoriser l'utilisation des minivis qui constituent un ancrage squelettique stable et facile à utiliser.

Le recours aux minivis a permis de faciliter la pratique de l'orthodontie. En effet, leur utilisation permet aujourd'hui de limiter les mouvements indésirables. De plus, elle facilite la réalisation des mouvements dentaires asymétriques dans les trois dimensions de l'espace. Enfin, elle permet d'offrir une alternative à la chirurgie orthognatique (notamment pour le traitement des malocclusions du sens vertical).

En recherchant l'ancrage optimal, les orthodontistes peuvent désormais mieux anticiper les déplacements dentaires et prévoir les effets de leurs traitements sur le long terme.

Ainsi la maîtrise des techniques de biomécanique associées aux minivis permettrait d'obtenir un déplacement des dents proche de l'idéal.

Cet exposé débute par le rappel de quelques principes de biomécanique appliqués aux mouvements dentaires.

Puis, nous décrirons les différentes possibilités de positionnement des minivis en fonction du type de déplacement et des dents concernées.

Enfin, nous exposerons les mécaniques pouvant être mises en place afin de réaliser les déplacements désirés de la manière la plus rapide et efficace tout en restant physiologique.

PREMIERE PARTIE :
Mécanique appliquée au
déplacement dentaire

1. Base de la mécanique

1-1 Caractéristiques des forces orthodontiques

Les forces orthodontiques sont des forces dont l'action s'applique au niveau dento-alvéolaire. Elles sont donc utilisables chez l'enfant comme chez l'adulte. Elles sont à différencier des forces orthopédiques dont l'action se situe au niveau squelettique et qui sont efficaces seulement pendant la période de croissance de l'individu (3).

Une force orthodontique est caractérisée par :

- sa ligne d'action (ou direction),
- son sens,
- son intensité : des forces légères sont préférables,
- son rythme d'application : les forces peuvent être continues, discontinues ou intermittentes, ce qui influencera la qualité histologique de la réponse (3).

1-2 Centre de résistance

Le centre de résistance est le point par lequel doit passer la ligne d'action d'une force appliquée sur une dent pour obtenir un mouvement de translation pure de cette dent (3).

La localisation du centre de résistance dépend du solide et du milieu dans lequel il se trouve, c'est à dire de la dent et de son parodonte. En revanche, elle est indépendante du système de forces appliqué au solide.

La position du centre de résistance de la dent varie donc en fonction :

- de la longueur, du nombre et de la forme des racines.
- de la hauteur et de la densité de l'os alvéolaire.

Approximativement, ce centre de résistance se situe :

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

En ce qui concerne les arcades alvéolaires dans leur ensemble, Teuscher localise le centre de résistance de l'arcade maxillaire approximativement au tiers apical entre les premières et les secondes prémolaires. Pour l'arcade mandibulaire, il est situé au niveau du tiers apical de la première prémolaire (26).

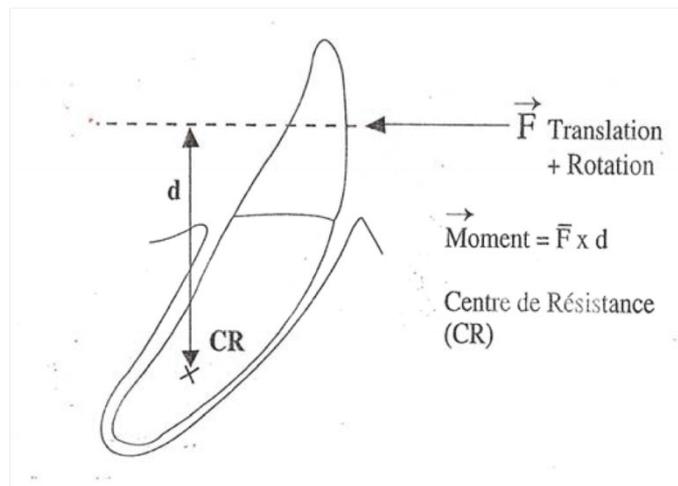
Quant aux six dents antérieures maxillaires, Pedersen situe le centre de résistance à 6,5mm au dessus de la lumière du verrou incisif central et à 3mm en arrière de la face distale de la canine (25).

1-3 Moment d'une force

Une force dont la ligne d'action ne passe pas par le centre de résistance de la dent provoque un mouvement de roto-translation. Ce mouvement peut être décomposé en une translation du centre de résistance et une rotation autour de ce même centre (3).

La rotation est caractérisée par le moment (M) de la force qui correspond au produit de l'intensité de la force (F) par la distance orthogonale de sa ligne d'action au centre de résistance (D).

$$\mathbf{M} = \mathbf{F} \times \mathbf{D} \quad \text{avec M en g x mm}$$



Centre de résistance d'une dent (1)

1-4 Centre de rotation

Au cours d'un mouvement dentaire, le centre de rotation peut être défini comme l'intersection de l'axe de la dent avant et après le déplacement ou encore comme l'intersection de deux médiatrices élevées de deux segments reliant deux points distincts de la dent avant et après le déplacement (3).

Contrairement au centre de résistance, la situation du centre de rotation n'est ni une propriété du corps ni une propriété du milieu dans lequel il se trouve. Il dépend exclusivement du système de forces appliqué à la dent et peut être modifié à tout moment (3).

La situation du centre de rotation est directement liée au rapport moment/force et détermine le type de mouvement que l'on va obtenir :

- lorsque le rapport moment/force est nul, le centre de rotation se situe à l'infini par rapport au centre de résistance et la dent effectue un mouvement de translation pure.
- lorsque le rapport moment/force tend vers l'infini, le centre de rotation se situe au niveau du centre de résistance, la dent réalise alors un mouvement de rotation pure autour du centre de résistance.
- lorsque le rapport moment/force se situe entre ces deux extrêmes, on obtient un mouvement de roto-translation de la dent.

Ainsi, quel que soit le nombre de forces appliquées, le système peut toujours se ramener à une force et un moment dont le rapport fixe la situation du centre de rotation par rapport au centre de résistance et donc le type de mouvement obtenu.

1-5 Couple de forces

Un couple est obtenu grâce à deux forces de même intensité, de ligne d'action parallèle et de sens opposé (3).

Le moment de ce couple est égal au produit de l'intensité de l'une des deux forces par la distance orthogonale séparant les deux lignes d'action (3).

A l'inverse du moment d'une force qui n'existe que par la force en référence au centre de résistance, le moment du couple est un système libre qui produit toujours une rotation pure de la dent autour du centre de résistance, quelle que soit la position de ce couple sur la dent (3).

2. Notion d'ancrage orthodontique

2-1 Troisième loi de Newton

L'équilibre statique est à la base de la notion d'ancrage. Selon Langlade, l'ancrage est la résistance d'un corps au déplacement (17). Or, cette résistance est difficile à obtenir.

Ainsi, tout dispositif orthodontique permettant d'obtenir un déplacement dentaire fait appel à la troisième loi de Newton ou loi d'action-réaction (17).

Cette loi stipule : « 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 $F(A/B)$ »

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

Ainsi, quelle que soit la thérapeutique utilisée, l'application d'une force sur une dent, un groupe de dent ou une arcade, engendre une force de même intensité, de même ligne d'action mais de sens opposé (21).

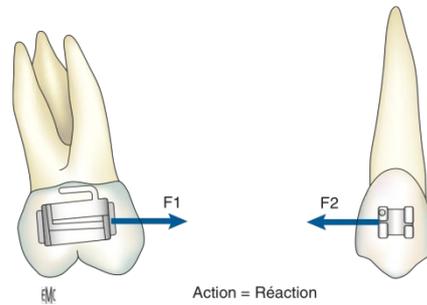


Figure 1 : Forces d'action et de réaction égales et de sens opposé ($F1=F2$) (21)

De ce fait, lors du déplacement d'une dent (action), les autres vont être sollicitées par la réaction. Cependant, si le nombre de dents d'ancrage est suffisant, cette réaction pourra être d'intensité trop faible pour engendrer un mouvement réciproque : c'est l'ancrage passif (21).

En revanche, si les dents servant d'ancrage sont en nombre insuffisant et ne peuvent résister seules, on mettra en place différents mécanismes pour renforcer l'ancrage (forces extra-orales, arc de Nance, minivis,...) : c'est l'ancrage actif (21).

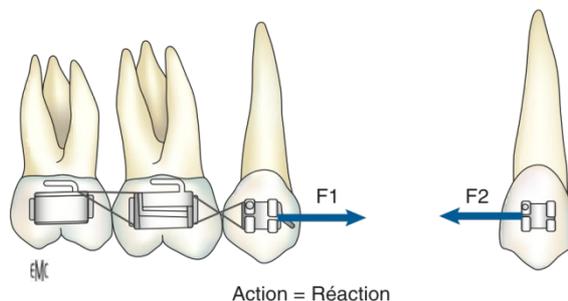


Figure 2 : Résistance au déplacement de l'unité d'ancrage ($F1=F2$) (21)

2-2 Trinôme de Nevrézé

En appliquant le troisième principe de Newton à l'orthodontie, le trinôme de Nevrézé permet de définir trois éléments (2):

- La résistance mobile (RM) représentant la structure à déplacer. Elle correspond à une dent, un groupe de dents ou une arcade dentaire.
- La résistance stable (RS) ou structure d'appui permettant le déplacement de la résistance mobile. Elle constitue l'ancrage orthodontique représenté par un groupe de dents, une arcade dentaire ou une structure extra-orale.

- La force motrice (FM) permettant le déplacement de la résistance mobile. Elle est créée par un arc ou un auxiliaire intra ou extra-oral.

En fonction de l'étape de traitement, toute dent pourra faire partie de RM ou de RS. C'est le système de force appliqué qui permet de déterminer le sens de la sollicitation et de situer chaque dent dans le trinôme, mais c'est la valeur réciproque des résistances qui commande le déplacement dentaire (2).

Trois cas sont possibles (2) :

1- Résistances égales : $RS=RM$

RS et RM ont la même valeur d'ancrage.

Si $FM < RS$ et donc RM, il n'y a pas de déplacement.

Si $FM > RS$ et donc RM, il s'agit d'un ancrage réciproque avec déplacement simultané du mobile et du stable l'un vers l'autre.

2- Résistances inégales $RM < RS$, conforme à la notion d'ancrage.

Si $FM < RM < RS$, il n'y a pas de déplacement.

Si $RM < FM < RS$, le mobile se déplace, le stable ou l'ancrage reste fixe.

Si $RM < RS < FM$, il y a perte d'ancrage, RM et RS se déplacent et RM se déplace plus que RS.

3- Résistances inégales $RS < RM$, contraire à la notion d'ancrage

Si $FM < RS < RM$, aucun déplacement n'est observé.

Si $RS < FM < RM$, seul l'ancrage se déplace.

Si $RS < RM < FM$, tout se déplace et l'ancrage plus que le reste.

En résumé :

Résistance stable = Résistance mobile	
$FM < RS + RM$	Pas de déplacement
$FM > RS + RM$	Déplacement égal et symétrique

Résistance stable > Résistance mobile	
$FM > RS > RM$	Déplacement inégal
$RM < FM < RS$	Déplacement orthodontique

Résistance stable < Résistance mobile	
$FM < RS < RM$	Pas de déplacement
$FM > RS < RM$	Perte d'ancrage

2-3 Ancrage direct, ancrage indirect

Les dispositifs d'ancrage squelettiques sont fixés dans l'os alvéolaire et peuvent servir d'ancrage direct ou indirect (21) :

- ancrage direct : une minivis utilisée comme ancrage direct constitue à elle seule le point d'ancrage de la force et la ligne d'action doit passer par sa tête.
- ancrage indirect : la minivis renforce l'ancrage dentaire préexistant en étant reliée à une ou plusieurs dents. Cette alternative permet de décaler le point d'application de la force lorsqu'il est impossible de donner directement la direction voulue à la force souhaitée.

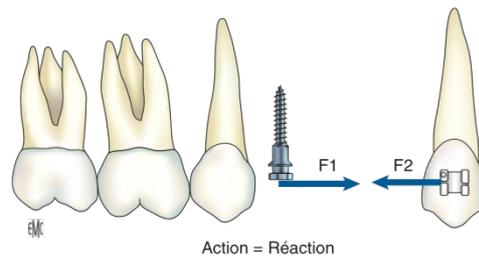


Figure 3 : Ancrage direct par minivis ($F1=F2$)(21)

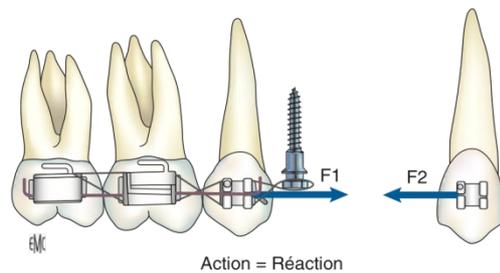


Figure 4 : Ancrage indirect par minivis ($F1=F2$)(21)

DEUXIEME PARTIE :
Applications biomécaniques des
minivis en ODF

1. Généralités

Il existe deux types d'implants (6):

- Les implants devant être ostéo-intégrés : ils sont utilisés dans les réhabilitations prothétiques.
- Les implants dont la stabilité dépend de leur rétention mécanique (ou minivis) : leur partie intra osseuse étant lisse, leur stabilité primaire dépend uniquement de la rétention mécanique. Une ostéo-intégration partielle se fera après leur mise en charge. Le délai de mise en charge est de deux à trois semaines, voire six semaines, mais peut être réduit si le mini implant ne se trouve pas dans la muqueuse.

1-1 Indications des minivis

Le recours aux minivis a trois types d'indications principales (6):

- traitement sans extraction :
 - o recul d'une arcade entière (dans les classes II : recul de l'arcade maxillaire ; dans les classes III : recul de l'arcade mandibulaire)
 - o recul d'une héli-arcade (dans les dissymétries d'arcade)
- traitement avec extractions :
 - o rétraction des six dents antérieures maxillaires après extraction des premières ou secondes prémolaires dans les classes II
 - o mésialisation des molaires après extractions des secondes prémolaires
- mouvements unitaires : désinclusion de canines, réingression molaire, mouvements transversaux pour corriger une occlusion croisée postérieure,...

Trois paramètres entrent en jeu pour déterminer la ligne d'action du système de force appliqué (6) :

- la hauteur du mini-implant par rapport à l'attache
- la hauteur du point d'ancrage sur l'arc et sa position relative par rapport au centre de résistance de la dent
- les informations transmises par l'arc et/ou par les attaches.

De façon générale, il est préférable d'intervenir sur la hauteur du point d'ancrage sur l'arc, modifiable par l'utilisation d'un crochet ou d'une potence, et sur les informations transmises par l'arc et/ou par les attaches. En effet, le positionnement vertical du mini-implant dépend davantage des conditions anatomiques (hauteur de l'os alvéolaire et de la gencive attachée) (6).

En règle générale, le mini-implant sera dans une position plus gingival dans les traitements de béances antérieures ou ceux ne nécessitant pas d'extraction alors que sa

position sera plus apicale dans les traitements avec extractions et dans les cas présentant une supraclusion antérieure.

Enfin, un quatrième paramètre peut intervenir avec l'utilisation de mini-implants en forme de bracket qui permettent de fixer l'arc directement sur la tête de ceux-ci. Ils offrent des possibilités intéressantes : ils permettent le déplacement du point d'application de la force à distance du mini-implant au moyen d'un auxiliaire et ils permettent de compenser l'absence de dents naturelles en insérant l'arc directement sur le mini-implant (6).

Le recours aux minivis présente deux intérêts majeurs. Tout d'abord, les minivis ne se déplacent pas (ou très peu), il n'y a donc pas de forces réactives indésirables. De plus, leur mise en place se faisant préférentiellement dans la zone apicale entre les dents, les mécaniques générées ont tendance à avoir une composante intrusive (6).

Ainsi, l'utilisation d'un ancrage squelettique permet de déplacer plusieurs dents en même temps et dans les trois dimensions de l'espace et de corriger facilement les dissymétries.

1.2 Localisation des minivis

Il existe différents sites d'insertion des minivis en fonction du type de déplacement que l'on souhaite réaliser, des conditions anatomiques et de la mécanique utilisée.

Les minivis peuvent être positionnées :

- en interdentaire en vestibulaire ou en palatin,
- en palatin, dans les zones médianes ou para-médianes,
- à distance des dents dans les zones tubérositaires, rétromolaires ou infrazygomatiques,...

Le choix du site d'insertion détermine en partie le type de minivis utilisée.

En effet, la longueur des minivis dépend à la fois de la qualité et de la quantité d'os disponible mais aussi des tissus mous en présence et de la direction de la force appliquée (20). Plus la longueur de la vis sera grande, meilleure sera la surface d'ancrage. En revanche l'augmentation de longueur augmente le risque de lésions des structures anatomiques voisines (racines, sinus, artères). Enfin, il est bon de rappeler que la longueur a très peu d'effets sur la répartition des contraintes contrairement au filetage ou au diamètre.

De façon générale la longueur des minivis se situe entre 6 et 12 mm. En effet, Kuroda (30) a montré qu'une longueur minimale de 5 à 6 mm de vis insérée dans l'os était nécessaire pour assurer une bonne rétention.

Les longueurs les plus élevées (9 et 11mm) seront utilisées dans les sites palatins inter-radicaux et dans les sites tubérositaires et rétromolaires mandibulaires. En revanche, les longueurs les plus faibles (6, 7 et 9mm) seront utilisées dans les zones vestibulaires, de mesure décroissante du secteur postérieur vers le secteur antérieur ainsi que dans les zones palatines médianes et paramédianes (6 et 7mm) (6).

Enfin, la longueur des cols implantaire dépend directement de la qualité et de l'épaisseur des tissus mous. Les cols courts (1mm) seront préférentiellement utilisés sur les faces vestibulaires maxillaires et mandibulaires. Au contraire, les cols longs (2 à 4 mm) seront préférés pour les tissus mous épais et mobiles (18).

1.3 Limites à l'utilisation des minivis

Le recours aux minivis connaît des limites d'ordre biomécanique (18) :

- L'emplacement des minivis étant limité par les contraintes anatomiques, le point d'application de la force ne passe pas forcément par le centre de résistance de la dent, entraînant ainsi un mouvement de rotation plutôt que de translation pure. Cependant, pour compenser le problème d'emplacement et obtenir une ligne de force idéale, il est possible d'utiliser un ancrage indirect ou d'avoir recours à des attachements ou à une mécanique d'arc continu.
- Lorsque les minivis sont positionnées entre les racines de deux dents adjacentes, les déplacements mésio-distaux des dents doivent être limités à la distance séparant les deux racines. Ils seront donc inférieurs à trois millimètres. Si le recul ou l'avancée des dents doit être plus important, de nouvelles minivis devront être mises en place.
- Du fait du positionnement apical des minivis, les mécaniques mises en place seront préférentiellement intrusives. Les minivis sont en effet moins efficaces pour les mouvements d'extrusion d'où la nécessité d'utiliser des force inter-maxillaires, des boucles en compression, un ancrage indirect ou encore une potence.
- Les déplacements souhaités ne doivent nécessiter que des forces faibles (comprises entre 100 et 200 grammes). Dans le cas contraire, il sera nécessaire d'associer plusieurs minivis.

Enfin, l'utilisation des minivis connaît des limites biologiques (18):

- Les déplacements dans les trois dimensions de l'espace étant possibles, il est important de veiller à conserver les déplacements dentaires à l'intérieur des procès alvéolaires.
- Les effets orthopédiques des minivis sont controversés. Néanmoins, elles pourront être utilisées soit de façon directe, soit de façon indirecte en solidarissant les dents aux minivis pour limiter les mouvements dentaires indésirables lors d'un traitement orthopédique.

Comme nous l'avons vu précédemment, le positionnement vertical du mini-implant dépend essentiellement des conditions anatomiques. Ainsi, lorsque cela est possible, le mini-implant est placé dans la limite supérieure de la gencive kératinisée pour une plus grande stabilité. L'action recherchée résultera de la combinaison des informations transmises par l'arc, les attaches et la hauteur du crochet d'activation (6).

2. Technique multiattache vestibulaire

2-1 Contrôle des déplacements sagittaux

Dans la direction sagittale, la longueur du crochet d'activation joue un rôle non négligeable sur la biomécanique du déplacement dentaire (6).

Par exemple, lors du recul du bloc incisivo-canin, des minivis sont généralement positionnées entre seconde prémolaire et première molaire, à une hauteur située entre huit et dix millimètres par rapport à la lumière de l'attache. Hors, selon Van den Bulcke, le centre de résistance des six dents antérieures maxillaires se situe à sept millimètres de la crête alvéolaire. Selon la longueur du crochet, on aura donc plusieurs solutions :

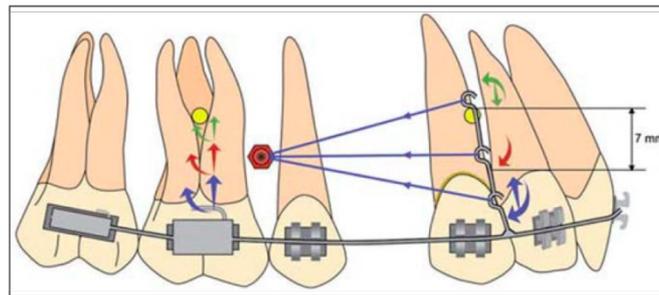


Figure 5 : Synthèse des effets biomécaniques lors de la phase de rétraction en fonction de la hauteur des crochets antérieurs (incorporation d'une courbe de Spee accentuée) (6)

- Crochet haut (situé à dix millimètres de l'arc) : l'effet de torque radiculo-palatin est important (rotation anti-horaire). Cette situation est indiquée dans les cas de Classe II division 2.
- Crochet court (situé sur l'arc) : il potentialise l'effet d'ingression après l'expression du torque, ce qui peut être utile lorsque les incisives présentent initialement une version corono-vestibulaire (Classe II division 1), ou en présence d'une inclinaison incisive « normale ».
- Crochet moyen (situé à hauteur de la minivis) : il génère un vecteur plus horizontal qui sera mis à profit dans les traitements sans extraction pour faciliter la distalisation des dents antérieures ou pour reculer une arcade entière. Selon Park, lors de ce recul, les contacts coronaires agissent comme une résistance au mouvement créant un moment anti-horaire sur le secteur antérieur, donc un torque radiculo-palatin.

2-2 Contrôle des déplacements verticaux

Le contrôle vertical de la position des molaires supérieures et inférieures est un facteur important pour le contrôle de la position mandibulaire et pour la modification du profil. Les mécaniques habituelles ont montré leurs limites pour assurer efficacement ce contrôle. Celui-ci peut être obtenu en reliant verticalement la partie postérieure de l'arc au mini-implant (6) :

- Soit de façon passive pour limiter l'égression molaire et l'ouverture de l'angle du plan mandibulaire, lors de certaines phases :
 - lors du nivellement de la courbe de Spee chez l'hyperdivergent : le mini-implant est relié à l'arc entre la première et la seconde molaire donnant ainsi un effet d'ingression sur la deuxième molaire et de disto-version sur la première.
 - lors du recul molaire : l'arc relié postérieurement au mini-implant limite l'égression des molaires.
 - lors d'une rétraction antérieure : le recours aux minivis permet de limiter l'égression molaire consécutive au recul du bloc antérieur.

- Soit de façon active pour ingresser les secteurs molaires maxillaires et mandibulaires, favorisant une antérotation mandibulaire et une amélioration de l'esthétique faciale recherchée dans le traitement de certaines classes II. La pose d'un arc transpalatin ou d'un arc lingual permettra alors de contrôler les effets parasites dans la direction transversale sur les molaires ingressées. L'adaptation de la sangle ptérygo-massétérine à la nouvelle dimension verticale molaire restera un élément déterminant de la stabilité à long terme.

2-3 Contrôle des déplacements transversaux

Dans la direction transversale, il est important d'être attentif aux effets indésirables (6). L'application d'une force sagittale ou verticale à distance du centre de résistance des molaires par l'intermédiaire de minivis situées entre deuxième prémolaire et première molaire, engendre un moment de rotation disto-palatin sur les dents postérieures. Celui-ci devra être compensé par les courbures adéquates de premier ordre (6).

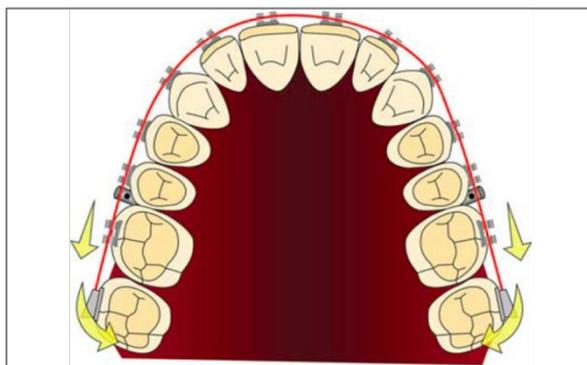


Figure 6 : Biomécanique des effets transversaux (6)

3. Technique multiattache linguale

La technique linguale apporte quelques spécificités mécaniques par rapport à la technique vestibulaire (6) :

- Une moindre résistance de l'ancrage postérieur maxillaire : le contact entre les incisives inférieures et le plan de morsure (ou les attaches maxillaires) provoque une inoclusion postérieure transitoire et une version corono-vestibulaire des incisives maxillaires sollicitant l'ancrage molaire maxillaire.
- Une diminution des forces occlusales.
- L'utilisation d'arcs sous dimensionnés en raison de la faible distance inter-attaches.
- La possibilité de rétraction en masse du secteur incisivo-canin.
- Une plus grande difficulté de contrôle du torque antérieur : la position de l'attache étant plus éloignée du centre de résistance des dents, elle augmente le moment de linguo-version des incisives maxillaires lors de la rétraction.

3-1 Contrôle des déplacements sagittaux et verticaux

Dans la direction sagittale, comme en technique vestibulaire, la hauteur optimale de positionnement du mini-implant et la longueur du crochet seront définies en début de traitement en fonction de la situation clinique (avec l'aide, si nécessaire, de la téléradiographie de profil) (6).

Pour un mini-implant placé généralement sur le versant alvéolaire palatin, entre la deuxième prémolaire et la première molaire et à hauteur moyenne (mais en dessous du centre de résistance du secteur incisivo-canin), différentes possibilités sont envisageables (6) :

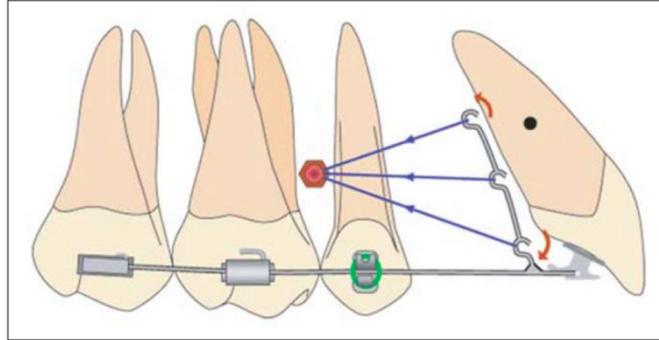


Figure 7 : Synthèse biomécanique lors de la phase de rétraction incisivo-canine en fonction de la hauteur des crochets antérieurs (incorporation d'une courbe de Spee accentuée dans l'arc) (6).

- Lorsque le crochet est au-dessus du centre de résistance, il se crée un mouvement de torque radiculo-palatin, mais avec une composante d'égression.
- Lorsque le crochet est à la hauteur du mini-implant, la ligne d'action est plus horizontale favorisant un mouvement de recul, mais généralement associé à un effet parasite de palato-version coronaire.
- Lorsque le mini-implant est relié directement à l'arc, l'action principale est une palato-version coronaire, avec une composante d'ingression.

De façon générale, pour contrôler plus efficacement le torque antérieur, les crochets d'activation seront préférentiellement rallongés au-dessus du centre de résistance.

Une autre alternative consiste à positionner les mini-implants en situation palatine haute, médiane ou para-médiane par rapport à la suture palatine. Elle sera indiquée dans les situations où une ingression incisive importante est nécessaire.

3-2 Contrôle des déplacements transversaux

Dans le sens transversal, des courbures de compensation peuvent être incorporées lors de la rétraction incisivo-canine. En effet, dans les cas de correction des anomalies sagittales sans extraction, l'action distalante sur l'arcade engendre une rotation disto-vestibulaire parasite des molaires qu'il est possible de contrôler par des compensations au niveau de l'arc (6).

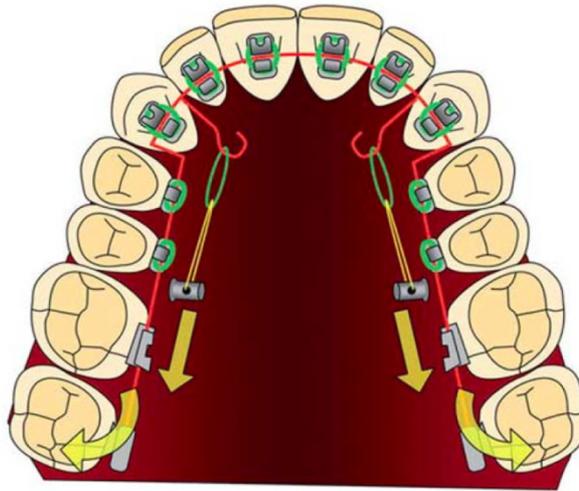


Figure 8 : Biomécanique des effets transversaux (6)

Cependant, l'utilisation simultanée de deux mini-implants (l'un vestibulaire et l'autre palatin) peut toutefois suffire à annuler ces effets indésirables (6).

Le positionnement du mini-implant dans la zone rétromolaire (au milieu de la crête) présente également l'avantage de supprimer les effets parasites dans la direction transversale (6).

Concernant l'arcade mandibulaire, l'ancrage molaire étant plus résistant en technique linguale, le recours aux mini-implants est moins fréquent.

TROISIEME PARTIE :

Solutions cliniques en fonction des différentes indications

1. Contrôle antéro-postérieur et vertical

1-1 Dents antérieures

1-1-1 Renforcement d'ancrage

1-1-1-1 Renforcement d'ancrage des dents antérieures maxillaires dans le plan horizontal

L'utilisation de minivis peut permettre de renforcer l'ancrage dentaire lorsque certaines dents sont sollicitées de manière importante. Ainsi, on peut avoir recours aux minivis lorsque l'on souhaite renforcer l'ancrage des incisives maxillaires afin de les stabiliser dans le plan horizontal et de maintenir le surplomb (20).

Dans les cas, par exemple, d'agénésies des incisives latérales avec fermeture des espaces, l'avancée bilatérale des blocs latéraux s'appuie sur les incisives centrales. Afin de limiter les mouvements parasites (distalisation, palato-version ou rotation mésio-

vestibulaire), la mise en place d'une minivis palatine associée à une structure rigide collée sur la face palatine des incisives permet de maintenir les dents en position.

Lorsque la mésialisation est symétrique, une seule minivis suffira. En revanche, lorsque la fermeture d'espace est asymétrique, la pose de deux minivis situées dans le plan médio-sagittal au niveau de la papille rétro-incisive est nécessaire. Ces minivis seront reliées entre elles et à la structure tutrice à l'aide de composite (20).

1-1-1-2 Renforcement d'ancrage des dents antérieures maxillaires dans le plan vertical

Le recours à une minivis peut s'avérer judicieux pour stabiliser la position verticale des incisives et contrôler le recouvrement dans les phases de nivellement par exemple (20).

Ainsi, une minivis pourra être positionnée en vestibulaire des incisives qui seront reliées entre elles par un arc segmenté. La minivis sera alors reliée au segment incisif par un arc rigide.

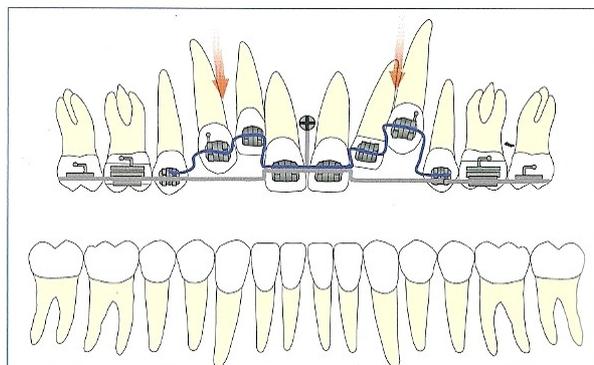


Figure 9 : L'extrusion des dents maxillaires retenues à tendance à entraîner réciproquement l'ingression des incisives centrales. Le recours aux minivis et à un arc sectionnel permet de maintenir le recouvrement (20)

Dans le cas où les incisives nécessiteraient parallèlement une égression, il est possible d'utiliser un ressort en compression au niveau de l'arc auxiliaire reliant la minivis aux dents (20).



Figure 10 : l'utilisation d'un ressort en compression permet l'égression des incisives (20)

1-1-1-3 Renforcement d'ancrage des dents antérieures mandibulaires dans le plan horizontal

L'ancrage des incisives mandibulaires peut lui aussi être renforcé dans le plan horizontal (20). Ceci aura pour intérêt de limiter l'avancée des incisives lors de l'utilisation d'appareil fonctionnel de type biellettes de Herbst ou d'élastiques inter-maxillaires de classe II.

La minivis sera alors placée préférentiellement en vestibulaire, entre seconde prémolaire et première molaire et reliée aux incisives ou aux canines par l'intermédiaire d'un arc rigide (20).

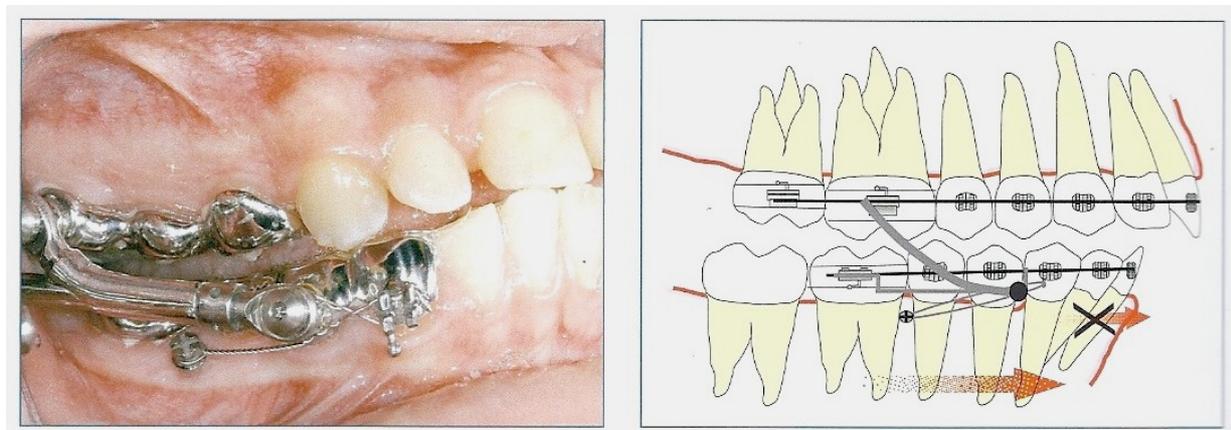


Figure 11 : minivis mandibulaires bilatérales pour s'opposer à l'avancée des incisives lors de la correction d'une classe II à l'aide de biellettes de Herbst (20)

1-1-1-4 Renforcement d'ancrage des dents antérieures mandibulaires dans le plan vertical

Enfin, l'ancrage des incisives mandibulaires pourra aussi être renforcé verticalement (20). De la même façon qu'au maxillaire, un implant sera préférentiellement positionné au niveau du vestibule du secteur incisif.

1-1-2 Ingression

L'ingression des dents antérieures est le plus souvent requise dans le traitement des classes II et notamment des classes II division 2 qui sont toujours associées à une supraclusion(20).

L'utilisation de minivis dans les cas d'ingression des incisives peut avoir son intérêt car elle facilite le contrôle de la position des dents dans les trois dimensions de l'espace. En effet, les minivis permettent de contrôler à la fois l'axe des incisives et la position antéro-postérieure et verticale de leur bord libre (18).

Lors de l'ingression des incisives, que ce soit par une mécanique d'arc continu ou segmentaire, des mouvements indésirables ont tendance à entraîner une égression et une mésialisation des secteurs latéraux et postérieurs (mécanique d'action-réaction). Le recours aux minivis permet d'empêcher ces mouvements indésirables apparaissant lors des mécaniques conventionnelles (18).

De façon générale, une force unique à partir d'un seul implant est suffisamment efficace pour permettre l'ingression du bloc antérieur mais l'application d'une telle force produit des mouvements incontrôlés. Le type de mécanique sera donc choisi avec précaution en fonction de la position souhaitée des apex. A l'exception des cas d'ingression asymétrique, le recours à plusieurs implants sera préféré. Ceux ci peuvent être situés de part et d'autre entre incisives centrales et latérales (18).

De même, il est fréquent d'associer des minivis situées en interdente des secteurs latéraux qui agiront de manière indirecte pour renforcer l'ancrage et des minivis situées au niveau du secteur antérieur qui agiront de manière directe pour les mouvements d'ingression (18).

De plus, il est bon de rappeler que lorsque les six dents antérieures sont égressées, la canine est généralement versée en distal. Pour réussir l'ingression, il sera donc nécessaire de corriger d'abord l'axe de la canine.

Il existe 4 types d'ingression en fonction du point d'application de la force (18) :

- Ingression associée à une palato-version des incisives (a),
- Ingression associée à une vestibulo-version des incisives (utile dans les corrections de malocclusions de classe II division 2) (b),

- Ingression sans modification de l'axe de la dent (c'est à dire que l'ancien et le nouvel axe de la dent sont parallèles) (c),
- Ingression le long de l'axe de la dent (d).

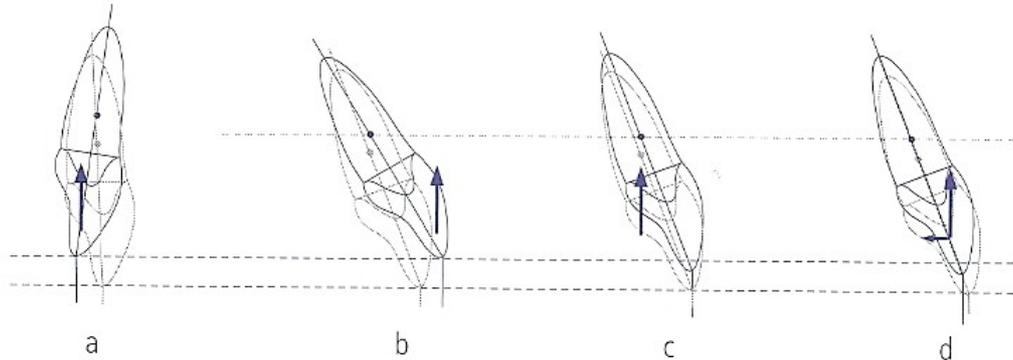


Figure 12 : Différents types d'ingression en fonction du point d'application de la force (18)

Ainsi, en fonction du type de déplacement désiré, les minivis pourront être positionnées de manières différentes (18):

- Une minivis placée entre les incisives centrales sera indiquée pour permettre une intrusion seule. Cependant, le système de force engendré aura tendance à produire une vestibulo-version ; cette situation sera donc privilégiée dans les cas de classe II division 2.
- Des minivis pourront être placées en mésial des canines lorsque l'on souhaite ingresser les six dents antérieures tout en contrôlant l'axe des canines.
- Des minivis placées en distal des canines seront avantageuses lorsque l'on souhaite ingresser et augmenter le vecteur de force rétractif.
- Enfin il est possible d'utiliser trois minivis vestibulaires : l'une sera positionnée dans le plan sagittal médian pour assurer l'ingression de manière efficace et les deux autres seront situées en interdentaire entre canines et prémolaires pour appliquer une force rétractrice afin de contrôler le torque pendant l'ingression.

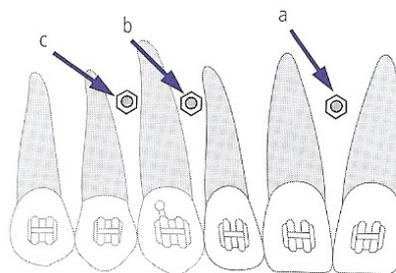


Figure 13 : Positionnement des minivis pour appliquer des forces directes (18)

1-1-3 Egression

Une égression simple est plus facile à réaliser qu'une ingression. En revanche lorsqu'elle est associée à une augmentation de la dimension verticale, elle devient beaucoup plus compliquée. En effet, elle s'accompagne alors d'un étirement des tissus mous ; la stabilité et le maintien des résultats obtenus sont donc plus difficiles à maintenir. Dans ce cas, les considérations biologiques peuvent être plus importantes à prendre en compte que les considérations mécaniques (18).

Enfin, les résorptions radiculaires sont plus fréquentes dans les mouvements d'égression.

Les principes biomécaniques régissant l'égression antérieure sont similaires à ceux de l'ingression, à savoir que les dents doivent être contrôlées dans les trois dimensions de l'espace. L'axe des dents ainsi que la position antéro-postérieure et verticale des bords incisifs doivent être contrôlés. Le contrôle du torque est également important. En effet, le nivellement conventionnel par un appareillage complet et un arc continu peut entraîner une égression et une version qui modifie défavorablement la position antéro-postérieure des apex des racines des incisives (18).

Cliniquement, l'égression peut être divisée en trois groupes (18) :

- Egression avec translation : si la force d'égression passe par le centre de résistance de la dent, les dents seront égressées avec un mouvement de translation. Ceci est possible avec une mécanique segmentaire (a).
- Egression et version contrôlée : si les forces d'égression sont appliquées à proximité du centre de résistance, on obtient une égression avec une version contrôlée. Ceci est réalisable avec une mécanique segmentaire ou avec une mécanique d'arc continu avec torque radiculo-lingual (b).
- Egression et version incontrôlée : si la force d'égression est appliquée à distance du centre de résistance, les dents sont égressées avec une version incontrôlée (c).

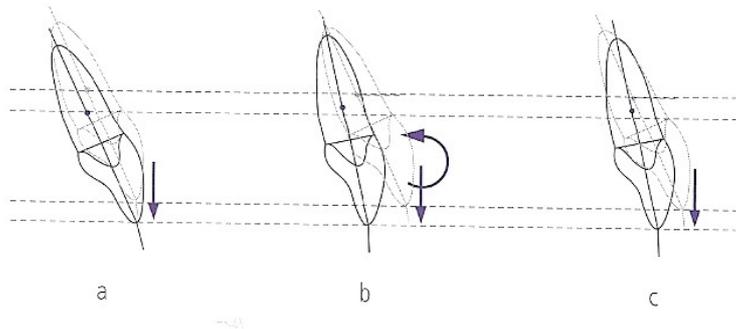


Figure 14 : Différents types d'égression en fonction du point d'application de la force (18)

L'égression peut être réalisée (18) :

- Lors du nivellement grâce à un appareillage complet et un arc continu. Cependant cette mécanique n'est pas idéale en ce qui concerne le contrôle du torque antérieur et de l'ancrage ; le torque et l'augmentation de la béance dans la zone prémolaire devront donc être étroitement surveillés.
- Par l'intermédiaire d'élastiques intermaxillaires. Les forces intermaxillaires ont une efficacité reconnue à condition d'avoir une bonne coopération des patients. Les élastiques peuvent être utilisés soit directement, soit indirectement à partir des implants. La direction des élastiques doit être ajustée pour contrôler le torque.
- Par la mise en place d'un arc d'égression. Celui-ci permet un contrôle plus précis de l'ancrage et rend possible la modification du point d'application de la force au cours du traitement. Une force faible (40 à 50 grammes) est suffisante pour assurer l'égression des quatre dents antérieures et le recours aux implants n'est pas indispensable. L'égression pourra néanmoins s'appuyer sur une minivis par l'intermédiaire d'un ressort. De plus, le recours aux minivis peut avoir son intérêt pour renforcer l'ancrage des dents postérieures.
- Enfin, une approche linguale avec des minivis situées en interdente du côté palatin, pourrait être souhaitable sur le plan biomécanique et esthétique et pourrait permettre le contrôle de la pulsion linguale.

Cependant, il est bon de rappeler que l'utilisation de minivis pour faciliter les mouvements d'égression ne dispense pas le recours aux traitements fonctionnels (notamment le traitement de la pulsion linguale), ni la pose d'une contention le temps du remaniement tissulaire afin d'assurer la pérennité du résultat du traitement (18).

1-1-4 Rétraction antérieure

1-1-4-1 Principes

Le recul du bloc incisivo-canin maxillaire est une des indications principales de l'utilisation des minivis. Il fait suite à l'extraction des premières prémolaires maxillaires dans le traitement de certaines classes II (20).

Le recours aux minivis dans ce type de déplacement présente un intérêt certain. En effet, la rétraction antérieure à l'aide de mécaniques conventionnelles entraîne en réaction une mésialisation molaire. En revanche, l'utilisation d'un ancrage squelettique

permet un recul efficace du bloc incisivo-canin maxillaire sans déplacement des secteurs postérieurs. De plus, les molaires qui ont tendance à être égressées dans les mécaniques conventionnelles, sont ici stables voire ingressées (19).

Ainsi, le recul du bloc antérieur à l'aide de minivis assurant un ancrage quasi absolu permet des modifications squelettiques, dentaires et esthétiques (au niveau des tissus mous) plus probantes que le recul à l'aide de techniques conventionnelles. En revanche la durée de traitement n'est pas diminuée (27).

D'un point de vue biomécanique, ce recul doit être réalisé tout en contrôlant le torque antérieur, l'axe des canines et la position verticale des dents. Le recours aux minivis permet un meilleur contrôle des mouvements indésirables et réduit les forces rétractives appliquées sur les molaires (20).

Lors du positionnement des minivis, le but est d'obtenir une ligne d'action qui soit la plus favorable possible à la réalisation des objectifs de traitement (20).

De façon générale, les mécaniques sectionnelles seront favorisées (18). En effet, lors du recul des incisives par une mécanique de glissement à l'aide de chainettes ou de ressorts reliant les minivis à des crochets positionnés sur l'arc, il se crée une friction notamment au niveau des brackets des canines. Cette friction a tendance à bloquer l'arc qui va favoriser une distalisation des deuxièmes prémolaires (a). Ce mouvement parasite sera donc limité par l'utilisation d'arcs sectionnels (b).

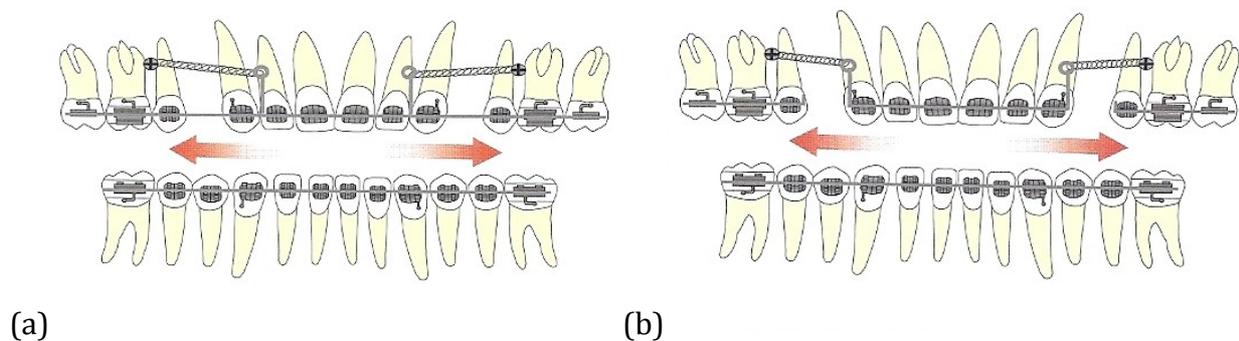


Figure 15 : rétraction antérieure à l'aide de minivis par une mécanique de glissement (a) ou par une mécanique sectionnelle (b) (18).

1-1-4-2 Positionnement des minivis

Afin d'assurer le recul du bloc incisivo-canin, les minivis sont positionnées préférentiellement entre la prémolaire et la molaire. Elles sont reliées au bloc antérieur par une potence située en mésial ou en distal de la canine. En fonction de la hauteur du positionnement des minivis et de la longueur du crochet, la mécanique de recul sera associée ou non à un déplacement vertical (18).

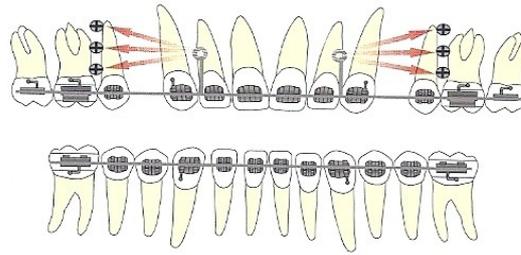


Figure 16 : Les différents vecteurs de force en fonction du positionnement de la minivis lors de la rétraction antérieure maxillaire (18)

Lorsque les minivis sont situées à une hauteur moyenne (entre 8 et 10mm au dessus de l'arc) que se soit au maxillaire (a) ou à la mandibule (b), le recul se fera en translation et l'orientation du plan d'occlusion ne sera pas modifiée. Ce positionnement sera privilégié pour les patients qui ont un recouvrement correct (18).

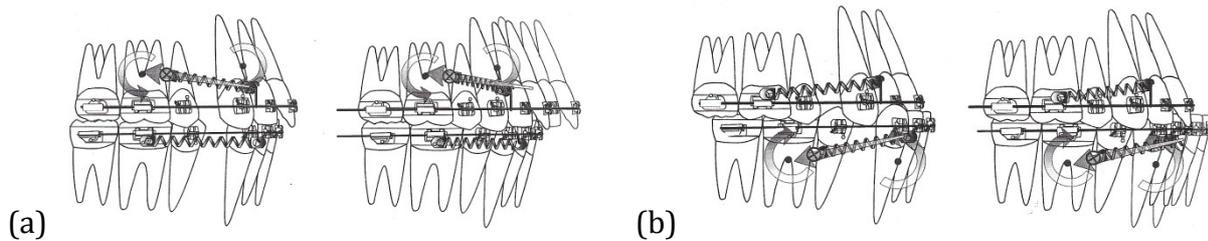


Figure 17 a et b : Maintient du plan d'occlusion maxillaire (a) ou mandibulaire (b) lors de la rétraction du bloc incisivo-canin à l'aide de minivis positionnées à hauteur moyenne (18).

En revanche, lorsque les minivis sont situées en position gingival, le recul des dents antérieures s'accompagne d'une rotation horaire au niveau de l'arcade maxillaire (c) et anti-horaire au niveau de l'arcade mandibulaire (d), ce qui peut être utile pour les patients présentant un défaut de recouvrement (18).

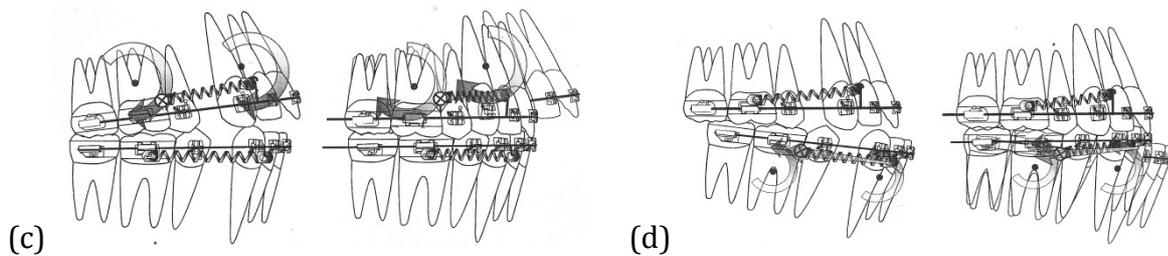


Figure 17 c et d : Modification de l'orientation du plan d'occlusion maxillaire (c) et mandibulaire (d) lors de la rétraction du bloc incisivo-canin à l'aide de minivis positionnées en gingival (18).

Enfin, lorsque les minivis sont en position apicale, la rétraction antérieure s'accompagne d'une rotation anti-horaire de l'arcade maxillaire (e) et d'une rotation horaire de l'arcade mandibulaire (f) permettant de corriger un excès de recouvrement (18).

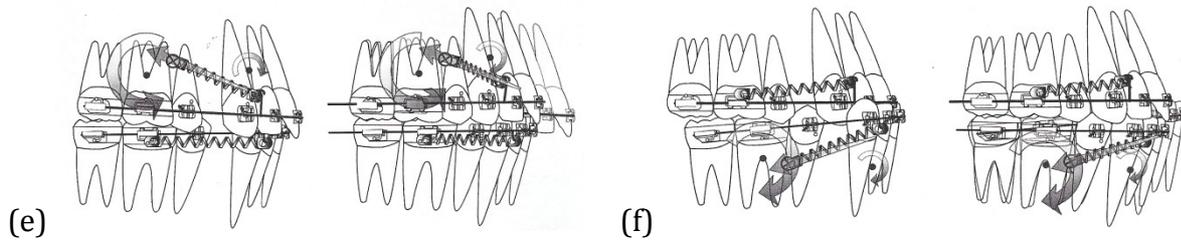


Figure 17 e et f : Modification de l'orientation du plan d'occlusion maxillaire (e) et mandibulaire (f) lors de la rétraction du bloc incisivo-canin à l'aide de minivis positionnées en apical (18).

1-1-4-3 Contrôle du torque antérieur

Lors de la rétraction des incisives ou des canines, l'objectif est d'obtenir une translation. Si la force est appliquée au niveau des brackets, le recul sera accompagné d'une version incontrôlée. Pour obtenir un mouvement de translation seul, il est nécessaire que la ligne d'action de la force passe par le centre de résistance de la dent ou que la force appliquée au bracket soit associée à un moment qui permette de contrôler l'axe de la racine. Le rapport moment/force pour obtenir un mouvement de translation est de dix pour un, bien qu'il puisse varier en fonction de la longueur de la racine, de sa forme et du niveau de l'os alvéolaire (ainsi quand une force est appliquée au niveau du bracket, l'équivalent de dix moments doit lui être associé pour obtenir un mouvement de translation) (18).

1-1-4-4 Contrôle de la position verticale

Dans les classes II, il est fréquent que le surplomb excessif soit associé à une supraclusion. Or, le vecteur de force appliqué sur les dents dépend du site d'insertion de la minivis (18).

Ainsi, l'utilisation de minivis positionnées entre canine et prémolaire entraîne une rétraction antérieure sans mouvement réciproque puisque la minivis est considérée comme un ancrage absolu (13). Cependant, si la minivis est reliée directement à l'arc, il peut en résulter une rotation horaire du maxillaire à l'origine d'une béance postérieure et d'une augmentation du recouvrement. Afin de limiter de tels effets, il est possible d'utiliser un crochet long afin que la ligne de force passe par le centre de rotation du maxillaire antérieur. Une autre alternative consiste à utiliser des élastiques verticaux postérieurs portés la nuit. Cependant, ceux ci peuvent entraîner une égression des dents postérieures et sont donc contre-indiqués chez les patients présentant initialement des désordres verticaux (13).

Enfin, la rotation du maxillaire peut être limitée par le positionnement d'un plan de morsure rétroincisif (13).

Lors de la rétraction antérieure chez des patients présentant un sourire gingival, il peut s'avérer nécessaire de réaliser une intrusion complète de l'arcade parallèlement au recul antérieur. Le positionnement des minivis se fera alors très apicalement. Celles-ci pourront être reliées à l'arc par l'intermédiaire d'un crochet situé en distal de la canine et orienté en direction occlusale (18).

A l'inverse, l'orthodontiste est parfois amené à corriger une supraclusion parallèlement au recul du bloc incisivo-canin. Il est alors nécessaire que la minivis soit située le plus apicalement possible. La ligne de force aura donc une composante à la fois d'ingression et de recul (18).

Cependant, ceci n'est pas toujours possible du fait des contraintes anatomiques. Une autre alternative consiste donc à associer des minivis latérales et antérieures. En effet, les minivis situées entre deuxièmes prémolaires et premières molaires assureront la rétraction et les minivis situées entre les incisives centrales et latérales permettront le mouvement d'ingression. Elles permettront aussi de limiter le torque corono-palatin induit par les minivis postérieures (18).

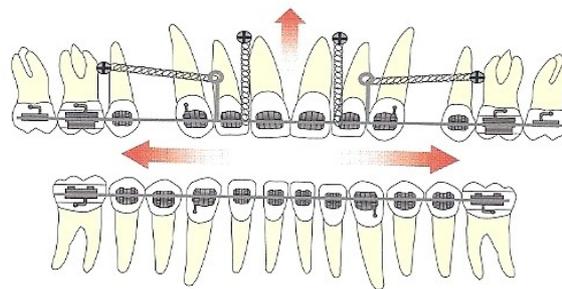


Figure 18 : Association de deux minivis postérieures pour la rétraction et de deux minivis antérieures pour l'ingression (18)

Enfin, lors du recul du bloc incisif, il est important de contrôler l'intensité des forces de rétraction développées par les minivis situées de part et d'autre de l'arcade. Celles ci doivent être identiques. En effet, le recul s'accompagne généralement d'ingression ; si l'ingression progresse plus rapidement d'un côté, le plan d'occlusion aura tendance à basculer (18).

1-1-4-5 Contrôle de la forme d'arcade

Au cours d'un traitement avec extractions, la largeur de l'arcade au niveau des prémolaires est modifiée. Plus les dents antérieures sont reculées, plus le diamètre transversal a tendance à être réduit et plus il faudra contrôler la forme d'arcade (18).

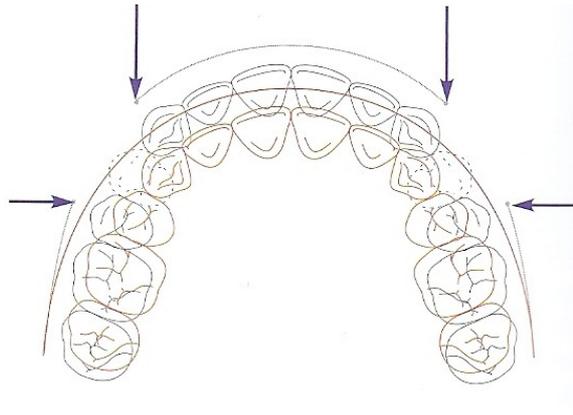


Figure 19 : Lors de l'extraction des prémolaires, la forme de l'arcade doit être modifiée en fonction de l'importance de la rétraction (18)

Le contrôle de la forme d'arcade dépend également du contrôle de l'axe des canines. En effet, lors du recul du bloc antérieur, si les canines sont versées en distal, en palatin ou en lingual, la distance inter-canine diminue et l'arcade prend une forme en « V » plutôt qu'en « U » (20).

1-1-4-6 Contrôle du bowing

La version des dents dans un espace d'extraction entraîne un bowing (flexion de l'arc) transversal et vertical (18).

Ainsi, après extraction des prémolaires, l'utilisation d'un arc peu rigide pour reculer le bloc antérieur a tendance à entraîner une version mésiale des molaires et une version distale des canines (a). L'arc subit alors une déflexion ou bowing. En conséquence, la prémolaire sera elle aussi versée mésialement et les dents antérieures auront tendance à être égressées (b). De face, les dents ressemblent alors à des voitures dans des montagnes russes ; ce phénomène est appelé le « roller coaster effect » (c)

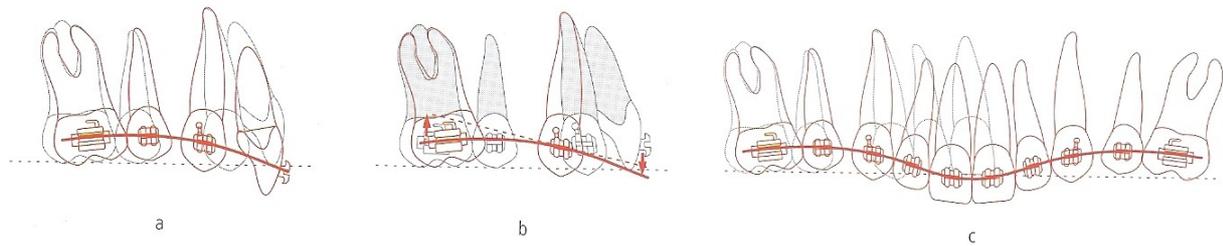


Figure 20 : Une flexion verticale de l'arc peut survenir avec un arc peu rigide (18)

Un bowing vertical peut se produire même avec des minivis. Sous l'effet des forces rétractives, les canines se versent distalement entraînant une flexion de l'arc. En conséquence, les prémolaires sont versées mésialement et ingressées et le torque antérieur peut être perdu. Cependant, à la différence du bowing vertical conventionnel, il n'y aura pas d'égression incisive et donc pas d'aggravation de la supraclusion en présence de minivis du fait du vecteur de force intrusif (18).

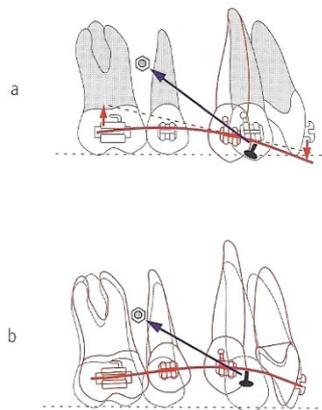


Figure 21 : Un bowing vertical peut se produire même avec les minivis (18)

De même dans la direction transversale, les forces de rétraction ont tendance à entraîner une rotation des canines et des molaires (a et b). Or une molaire en rotation occupe plus de place et risque de perdre sa position en classe I (c) (18).

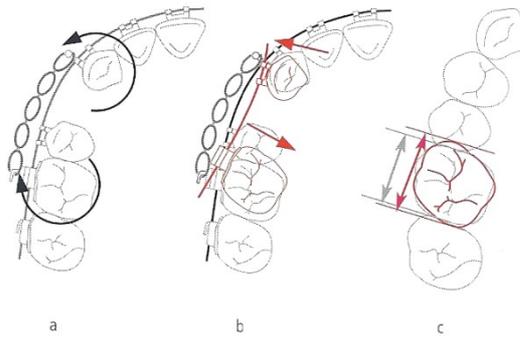


Figure 22 : Une flexion de l'arc peut s'observer dans le sens transversal (18)

Pour limiter le bowing qu'il soit vertical ou transversal, il est possible d'utiliser un arc plus rigide, d'appliquer une compensation dans l'arc ou de réduire la force de rétraction. De plus, il pourra être limité par un contrôle strict de l'axe des canines et des molaires (18).

1-1-4-7 Alignement des milieux

Une déviation des milieux s'accompagne souvent de problèmes antéro-postérieurs notamment au niveau des canines qui peuvent présenter un décalage sagittal. Ainsi, lorsque des extractions dissymétriques de prémolaires sont réalisées, la position antéro-postérieure des canines peut varier et le milieu inter-incisif se trouve dévié (18).

Une déviation des milieux peut être corrigée par une rétraction asymétrique du bloc incisif. Cependant, l'amélioration de l'alignement des milieux et des rapports inter-maxillaires nécessite de la place : la correction doit donc être réalisée avant ou pendant la fermeture des espaces.

Afin de corriger une déviation des milieux, il est nécessaire que canines et prémolaires aient une position antéro-postérieure correcte et que la forme d'arcade ait été corrigée. De plus, les quatre dents antérieures doivent être déplacées latéralement (mouvement de translation). La mécanique pour corriger une déviation des milieux doit donc créer l'espace nécessaire pour placer correctement les canines et les molaires, pour déplacer les canines et les prémolaires jusqu'à atteindre leur position idéale et déplacer les dents antérieures latéralement (20).

La correction des milieux par des élastiques inter-arcades, qu'ils soient fixés sur des dents (a) ou des minivis (c), crée des mouvements indésirables d'égression et une bascule du plan d'occlusion (b et d). Pour obtenir une translation latérale, un moment adéquat permettant de contrôler la position des racines ou une force passant par le centre

de résistance des dents est nécessaire. Ceci pourra être obtenu par l'utilisation de potences soudées à l'arc (e) (14)(18).

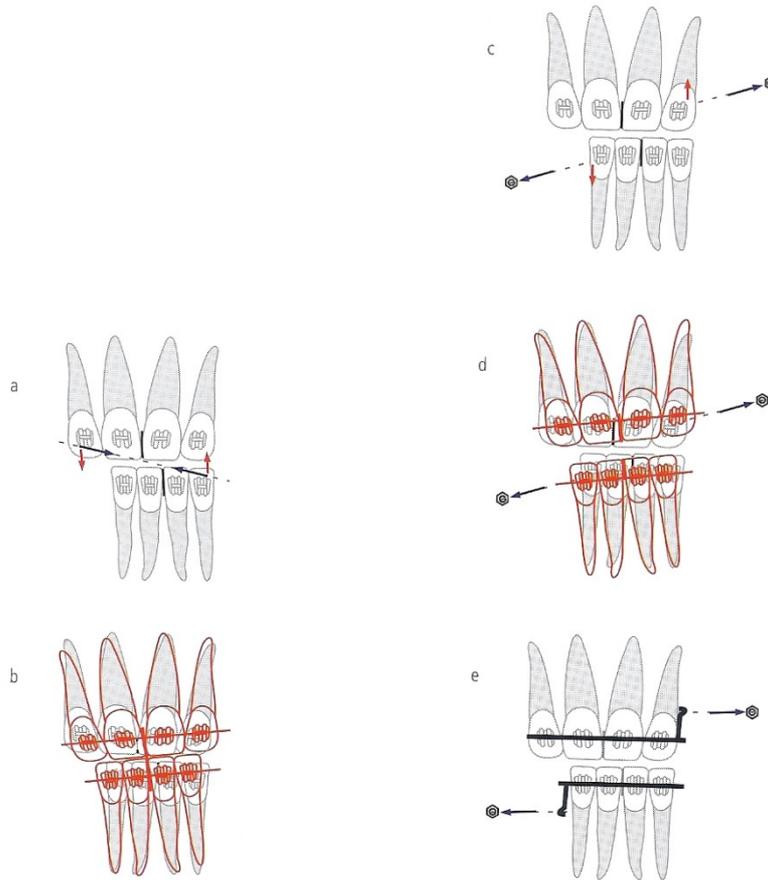


Figure 23 : Correction d'une déviation des milieux (18)

1-1-4-8 Mécanique linguale

Le recours à des techniques linguales permet un meilleur contrôle de la mécanique. Les minivis pourront alors être positionnées (20) :

- En vestibulaire et en palatin entre deuxième prémolaire et première molaire afin d'assurer le recul du bloc antérieur par un ancrage direct (a)
- En médio-palatin relié au bloc antérieur par un ancrage direct par le biais de ressorts et de potences (b) ou bien à la fois par ancrage direct et indirect afin d'assurer la rétraction du bloc antérieur et de renforcer l'ancrage molaire (c).

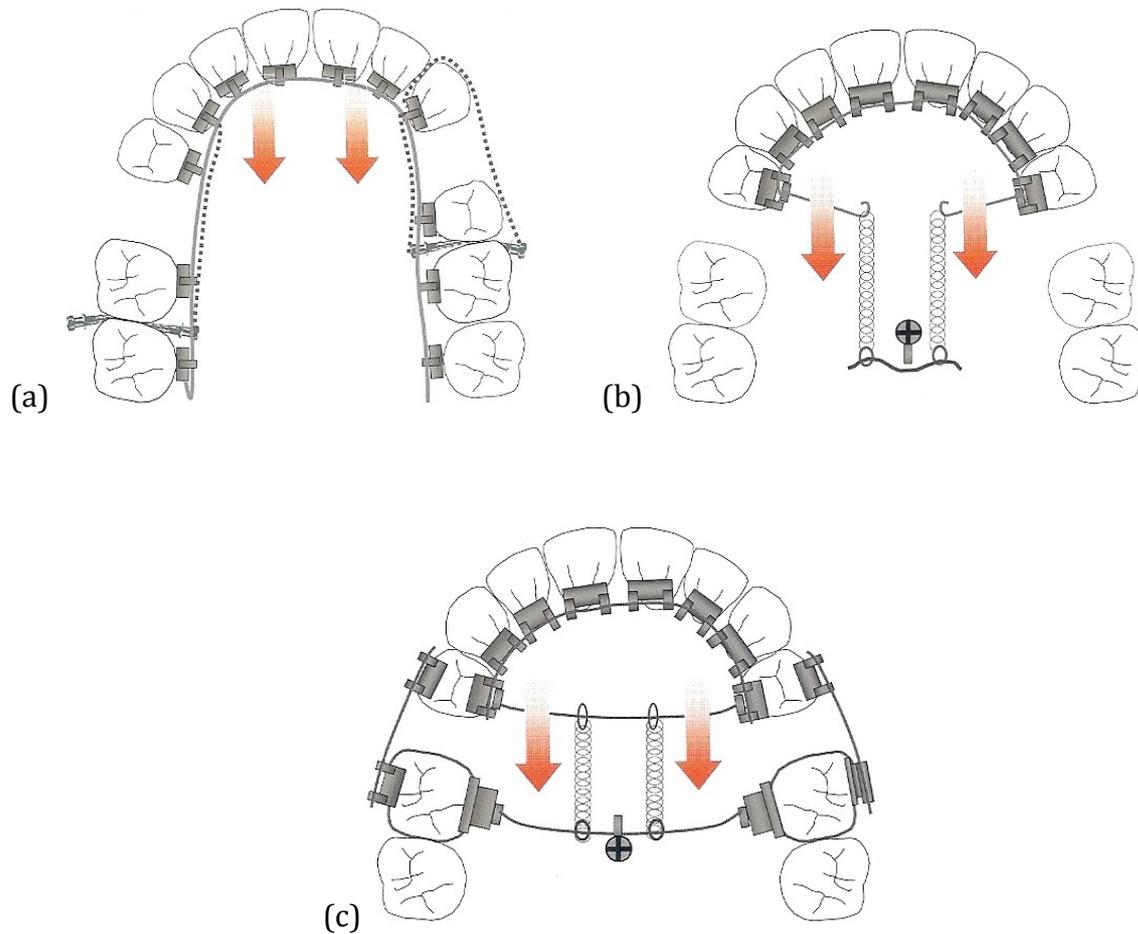


Figure 24 : Rétraction antérieure en technique linguale (20)

1-2 Canines

1-2-1 Rétraction canine

Au cours d'un traitement avec extractions, le recul du bloc antérieur peut se faire en masse ou par étapes. Le recul des canines précède alors le recul des incisives.

Comme pour la rétraction des incisives, le recours aux minivis permet de faciliter le recul de la canine et d'assurer un meilleur contrôle de la dent dans les trois dimensions de l'espace (20).

En technique vestibulaire, les minivis seront positionnées préférentiellement entre prémolaires et molaires. Le recul canin pourra se faire selon trois modes (20) :

- Par l'intermédiaire d'une simple chaînette reliant la canine et la minivis. Cette méthode entraîne généralement une disto-version de la couronne et sera privilégiée lorsque les canines sont initialement versées mésialement (a).
- Par l'intermédiaire d'un ressort de distalisation relié à un crochet fixé sur la canine afin de limiter la version coronaire (b).
- Par l'intermédiaire d'une chaînette et d'un crochet positionnés sur la canine, celle-ci étant reliée à la prémolaire et la molaire par le biais d'un arc sectionnel afin de contrôler la distalisation (c).

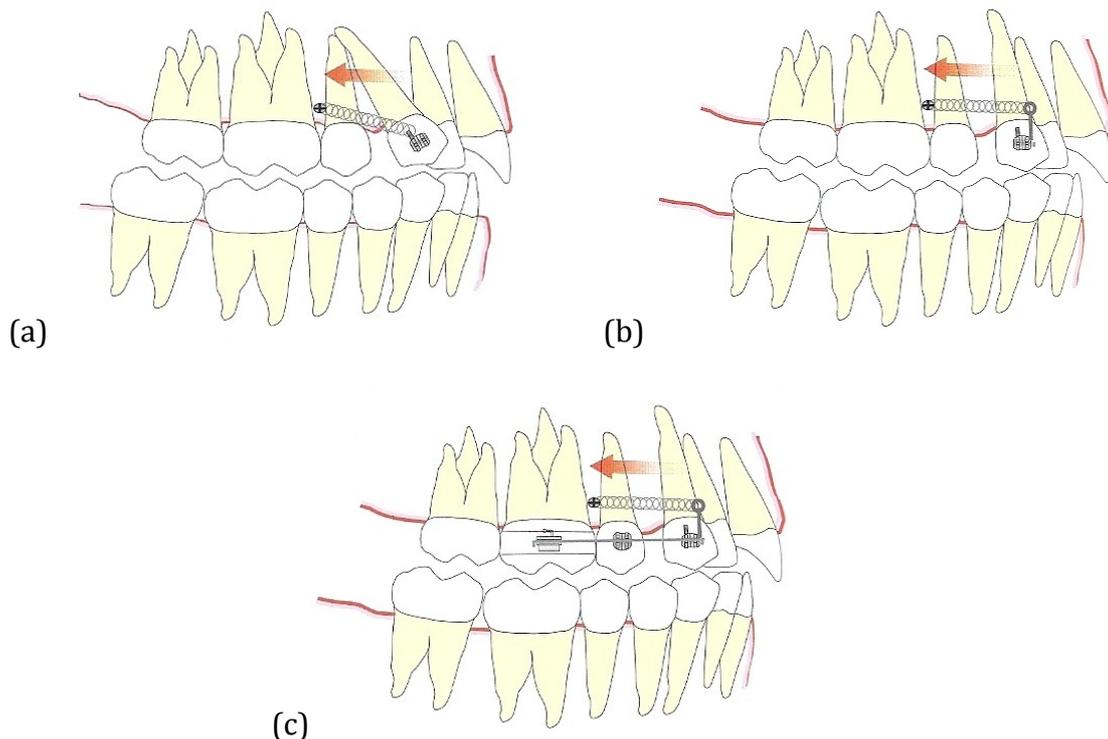


Figure 25 : Recul canin en technique vestibulaire (20)

En technique linguale, les minivis pourront être placées en interdendaire ou en médio-palatin (20).

1-2-2 Mise sur arcade des canines incluses

Le recours aux minivis peut avoir son intérêt dans la mise en place des canines incluses. Le plan de traitement sera personnalisé en fonction de la position initiale de la canine ainsi que de sa direction de déplacement. Ainsi, si la canine doit être tractée en direction postérieure, la minivis sera plutôt positionnée au niveau médio-palatin. Inversement, si la canine doit être déplacée en direction vestibulaire, la minivis sera placée en vestibulaire (20).

1-3 Dents postérieures

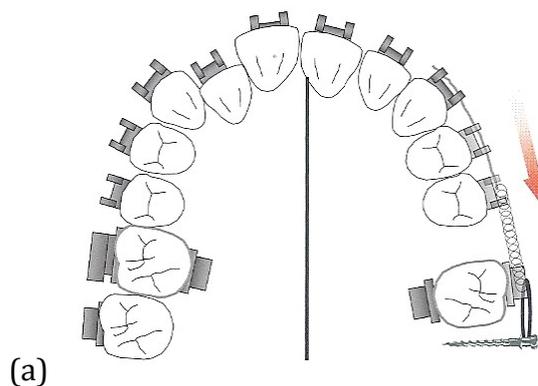
Le recours aux minivis dans le déplacement des dents postérieures présente plusieurs avantages :

- Il permet de distaler les molaires dans le but de réduire un encombrement sans extraction des prémolaires, de corriger des décalages dentaires ou de traiter des récidives.
- Il permet de corriger un excès vertical de manière non chirurgicale : l'ingression des molaires, permet une rotation antérieure de la mandibule et une réduction de la béance antérieure.

1-3-1 Renforcement d'ancrage

L'utilisation de minivis peut être un moyen simple de renforcer l'ancrage des molaires lorsque celles-ci sont fortement sollicitées (20).

Ainsi, la mise en place d'une minivis dans le vestibule en distal des molaires peut permettre de limiter leur mésialisation, notamment en cas de recul des prémolaires (a). La qualité de l'os étant faible dans la partie postérieure de l'arcade maxillaire, le recours à deux minivis situées en vestibulaire et en palatin sera d'autant plus efficace pour renforcer l'ancrage (20).



Une autre alternative consiste à utiliser (20) :

- Une barre transpalatine reliée à deux mini-implants situés en interdentaire palatin entre prémolaire et molaire et à hauteur du centre de résistance des molaires (b)

- Un arc palatin relié à une minivis située au niveau de la suture médio-palatine (c).

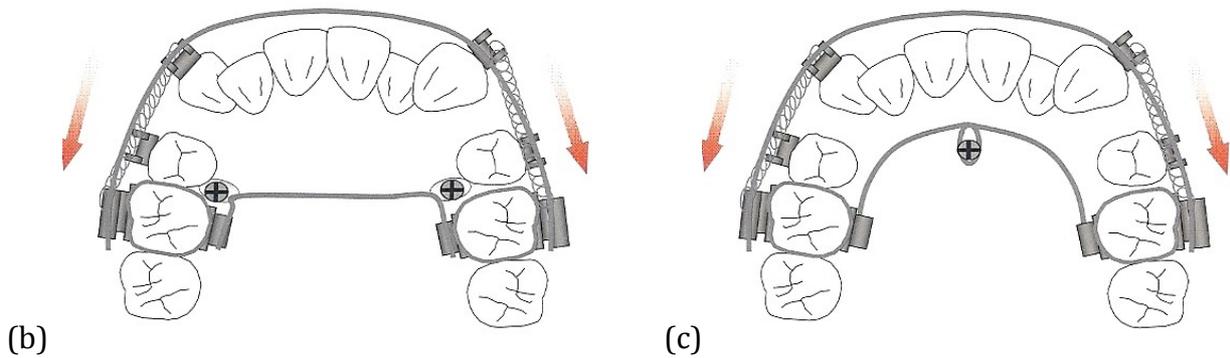


Figure 26 : Renforcement d’ancrage dans le plan horizontal des dents postérieures à l’aide des minivis (20)

De même, dans le plan vertical, le recours aux minivis peut permettre de limiter la bascule molaire lors de l’ingression ou de l’égression des dents antérieures. Il existe encore une fois plusieurs alternatives (20) :

- l’utilisation d’une barre transpalatine reliée à une minivis située en médio palatin (a)
- le recours à un ancrage indirect avec un implant situé entre la deuxième prémolaire et la première molaire et relié à cette dernière (b).

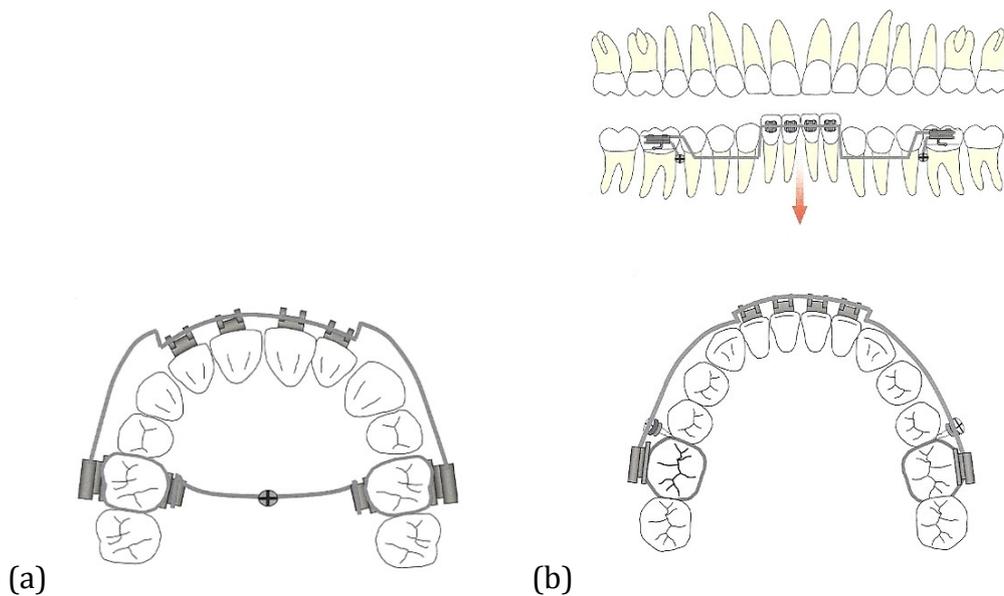


Figure 27 : Renforcement d’ancrage dans le plan vertical des dents postérieures à l’aide de minivis (20)

1-3-2 Ingression

1-3-2-1 Principes

L'ingression molaire à l'aide de minivis présente de nombreux intérêts (8) :

- Repositionnement des dents qui se sont égressées suite à la perte des dents antagonistes,
- Amélioration du niveau de la crête marginale osseuse des dents égressées,
- Correction non chirurgicale des béances antérieures chez les patients présentant un schéma squelettique hyperdivergent,
- Correction non chirurgicale d'un excès vertical antérieur,
- Amélioration de la ligne du sourire.

L'ingression postérieure est un des mouvements les plus difficiles à réaliser car les molaires ont des racines larges et multiples et ce type de déplacement nécessite une importante réaction de l'os alvéolaire ainsi qu'un temps de traitement assez long. Or, plus la durée de traitement est longue, plus des mouvements non désirés peuvent survenir ; le contrôle tridimensionnel est donc particulièrement important (18).

Les principes biomécaniques de l'ingression postérieure sont similaires à ceux de l'ingression antérieure mais nécessitent plus de force et sont soumis à plus de difficultés (18) :

- Le centre de résistance précis de la dent à déplacer est difficile à déterminer du fait de la grande variabilité dans l'anatomie des racines et du niveau osseux.
- Il est cliniquement impossible d'appliquer une force orthodontique qui passe tridimensionnellement par ce centre de résistance.
- Les localisations du point d'application de la force sont limitées car les sites receveurs sont restreints.
- L'ingression molaire n'est pas un simple problème de dimension verticale : la forme d'arcade, l'axe de la dent, l'inclinaison du plan d'occlusion et le torque postérieur doivent être contrôlés.

Lorsque l'ingression concerne la totalité des secteurs postérieurs, il existe deux cas de figure (18) :

- Ingression parallèle : les molaires sont ingressées autant que les prémolaires afin de corriger, par exemple, un sourire gingival ou une face longue.
- Ingression non parallèle : les deuxièmes molaires sont ingressées davantage que les prémolaires (correction des béances antérieures). Celle-ci est plus difficile à obtenir car le changement de l'inclinaison du plan d'occlusion s'accompagne d'un changement des axes individuels des dents postérieures (pour augmenter l'inclinaison du plan d'occlusion, les couronnes des dents postérieures doivent être versées distalement).

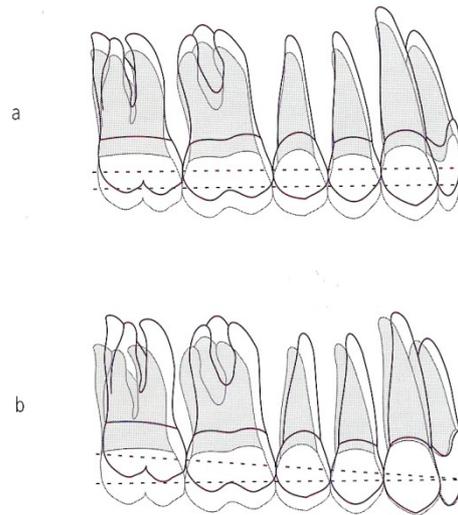


Figure 28 : Plan de traitement pour le plan d'occlusion :
Ingression parallèle (a) ou non parallèle (b) (18)

1-3-2-2 Ingression à l'aide d'une minivis unique

Au maxillaire, la force d'ingression peut être appliquée à partir d'une minivis située en vestibulaire. Cependant, le centre de résistance des molaires maxillaires est plutôt orienté du côté palatin donc le contrôle du torque est plus difficile et plus important. L'utilisation d'une seule minivis vestibulaire créera des mouvements indésirables qui auront tendance à entraîner une vestibulo-version de la dent concernée. Les cuspidés palatines sont alors égressées et la dimension transversale postérieure de l'arcade augmente (18).

Plusieurs techniques peuvent être mise en place afin de limiter cette version. Tout d'abord, celle-ci peut être contrebalancée par des informations réalisées sur l'arc (18) :

- La force d'ingression peut être associée à du torque radiculo-vestibulaire mais l'intensité du moment est difficile à ajuster (a).
- Les forces intrusives peuvent être associées à une constriction de l'arcade pour réduire la version corono-vestibulaire. L'intensité de la force de constriction doit cependant être identique à celle de la force d'ingression, ce qui rend le système difficile à ajuster précisément (b).
- Les deux méthodes peuvent être associées (c).

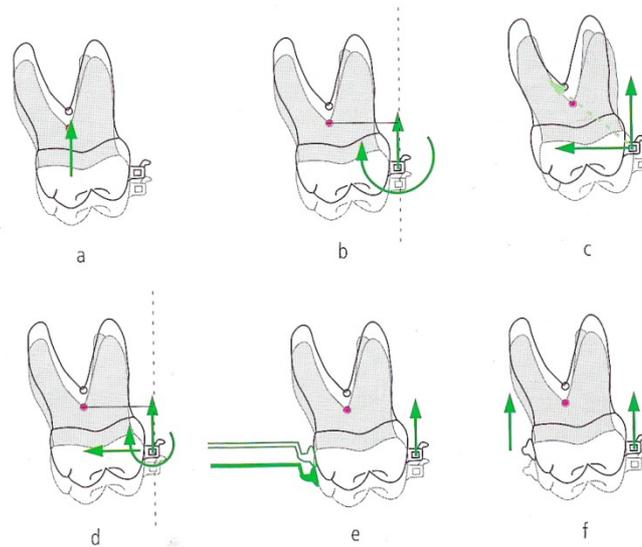


Figure 29 : Considérations biomécaniques pour le contrôle du premier et troisième ordre (18)

1-3-2-3 Ingression à l'aide de miniplaques

Ensuite, une ingression unilatérale peut être réalisée à l'aide d'une miniplaque située à distance de la dent à déplacer. En effet, DE CLERCK et CORNELIS (8) ont mis en place un système (le système Bollard) avec des minivis situées à distance de la dent qui maintiennent une plaque prolongée par un bras permettant de rapprocher le point d'application de la force du centre de résistance de la dent et de limiter ainsi les effets indésirables.

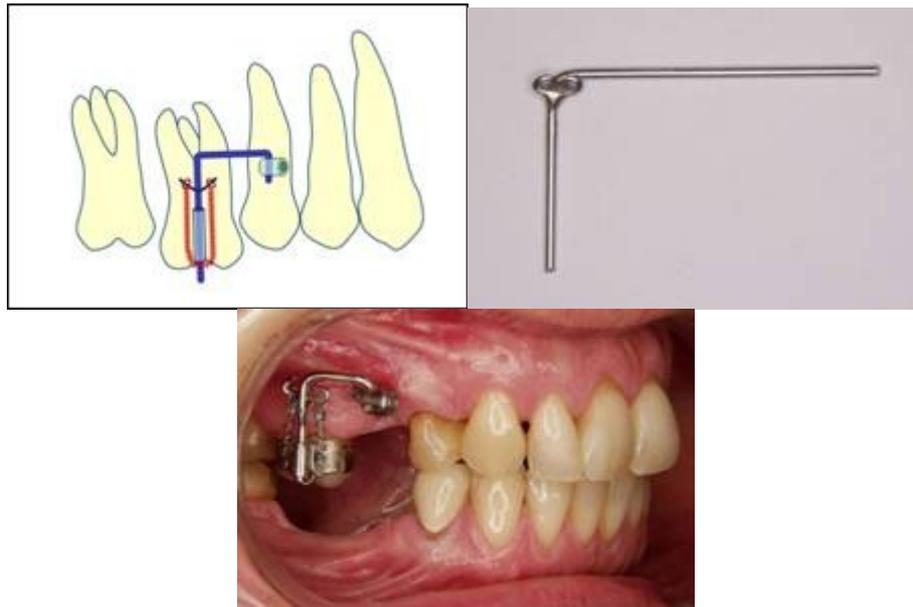


Figure 30 : Ingression molaire à l'aide du système Bollard (8)

Trois minivis sont positionnées au niveau de la crête infra-zygomatique maxillaire et attachées à une mini-plaque elle-même reliée à un bras de connexion qui perfore la muqueuse au niveau de la ligne de jonction mucco-gingivale. Sur le bras de connexion est fixé un système composé d'une partie horizontale et d'une partie verticale. La partie horizontale est reliée au bras de connexion de la plaque, la partie verticale (parallèle à l'axe de la dent) est reliée à la dent. La molaire est sertie par une bague dont les tubes sont verticaux et peuvent ainsi recevoir le bras vertical qui servira d'axe principal au mouvement d'ingression. Enfin un ressort de fermeture relie la bague molaire à l'extrémité supérieure du système afin d'assurer l'ingression (8).

Avec un tel système, le point d'application de la force se situe toujours légèrement à distance du centre de résistance. On a donc tendance à créer une légère vestibulo-version mais celle-ci est limitée à la distance entre le bras vertical et la bague molaire. Lors de la version molaire, le contact entre le bras vertical et le tube va entraîner une flexion et le redressement des racines de la molaire. L'ingression sera donc associée à une succession de versions puis redressements permettant de ramener le tube parallèle au grand axe vertical du système. Enfin, la rigidité du système est indispensable afin de limiter la rotation de la partie verticale autour de la partie horizontale (8).

1-3-2-4 Ingression à l'aide de plusieurs minivis

Une technique plus classique consiste à positionner deux minivis en vestibulaire de part et d'autre de la molaire et une minivis en palatin. La minivis palatine peut être située en interdendaire entre seconde prémolaire et première molaire (a). Elle pourra aussi être placée au niveau de la suture palatine et reliée aux dents par un crochet (b). Cette dernière situation permet de contrôler le point d'application de la force. Elle est cependant moins confortable pour le patient (20).

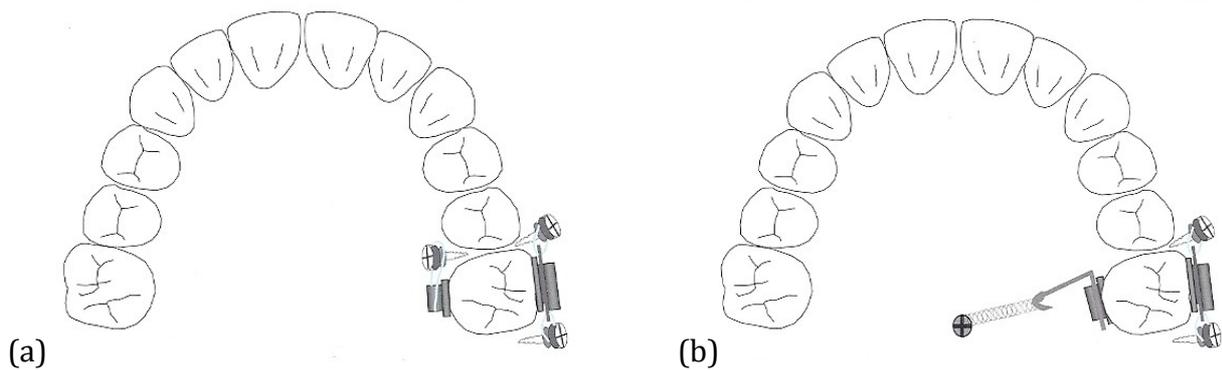


Figure 31 : Ingression molaire unilatéral à l'aide de trois minivis (20)

Enfin, lorsque les deux molaires maxillaires controlatérales doivent être ingressées, le recours à un arc transpalatin suffit à contrecarrer la vestibulo-version qui peut être créée par les minivis vestibulaires (20).

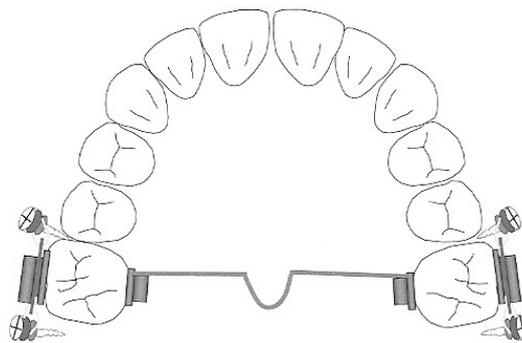


Figure 32 : Ingression molaire bilatérale (20)

L'ingression molaire unilatérale est plus difficile que l'ingression bilatérale. La mécanique employée doit permettre l'application des forces intrusives aussi bien en vestibulaire qu'en lingual parce que la solidarisation des deux côtés de l'arcade est moins efficace. Le système utilisé sera le même que décrit précédemment : deux minivis placées au niveau de la suture palatine avec un bras en extension relié aux premières et

deuxièmes molaires par des chainettes et une à plusieurs minivis placées dans l'os alvéolaire vestibulaire. Ce système permet de contrôler la position verticale, la forme d'arcade, l'inclinaison du plan d'occlusion et le torque de chaque dent (20).

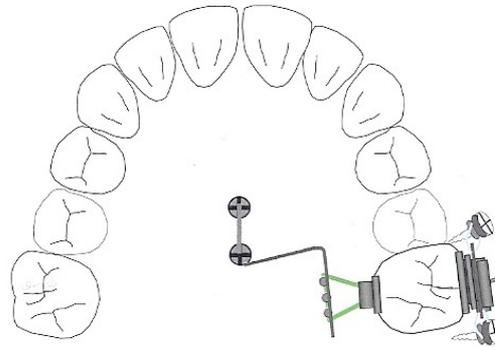


Figure 33 : Ingression molaire à l'aide de quatre minivis (20)

1-3-2-5 Ingression à l'aide d'un ancrage squelettique indirect

Lorsque l'on ne souhaite ingresser qu'une ou deux dents, l'apport des minivis sera plutôt un ancrage indirect et la mécanique d'ingression pourra associer des déformations de second ordre de type boucles en I ou en L (18).



Figure 34 : Ingression molaire à l'aide d'un ancrage squelettique indirect et de boucles en L (18)

1-3-2-6 Ingression des molaires mandibulaires

Les minivis permettent aussi de réaliser des mouvements d'ingression des molaires mandibulaires. Cependant, ce déplacement est plus difficile car l'os cortical mandibulaire est très dense et le positionnement des minivis entre premières et deuxièmes molaires est compliqué que ce soit en vestibulaire ou en lingual. De plus, l'insertion de minivis situées du côté lingual n'étant pas recommandée, un arc lingual sera utilisé pour contrecarrer la version initiée par les minivis situées en vestibulaire.

1-3-2-7 Ingression et dimension verticale

L'ingression des molaires maxillaires et mandibulaires à l'aide de minivis peut permettre de corriger un open bite (16).

En effet, l'ingression des molaires maxillaires et mandibulaires permet une rotation antérieure de la mandibule qui s'accompagne d'une diminution de la hauteur antérieure de l'étage inférieur de la face et d'une augmentation du recouvrement. D'après Kuroda (16), la correction d'un excès vertical antérieur à l'aide d'un ancrage squelettique est comparable voire supérieur à un traitement chirurgico-orthodontique de type Lefort I. En effet la diminution de hauteur de l'étage inférieur et l'augmentation du recouvrement sont similaires mais le traitement est plus court et surtout moins contraignant.

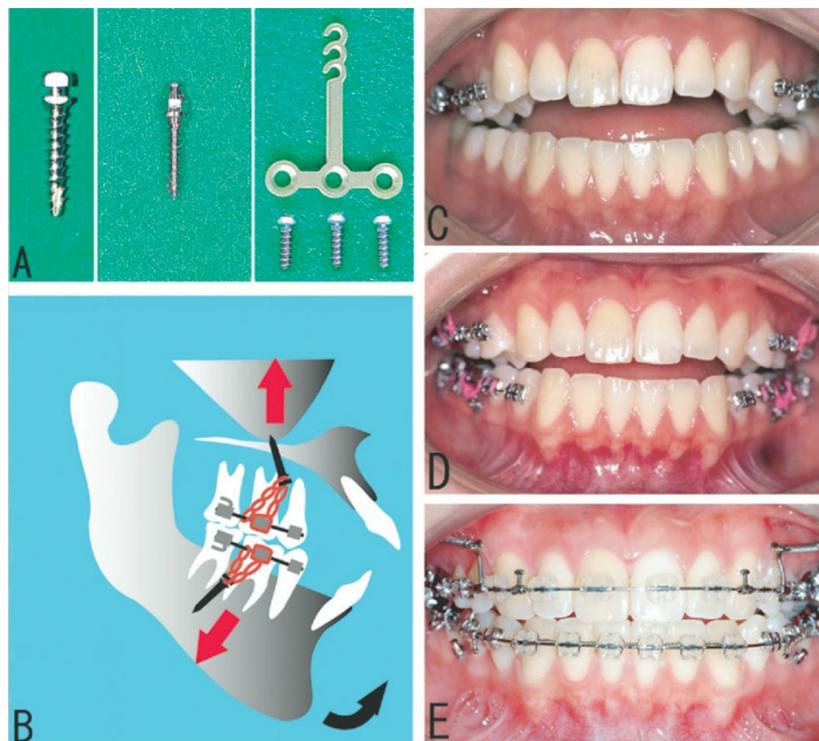


Figure 35 : A, implants utilisés comme ancrage squelettique ; B, illustration schématique de l'ingression molaire ; C-E, photographies intra-orales au départ de l'ingression molaire, après 3 mois puis à la fin de l'ingression (16).

Les patients hyperdivergents sont caractérisés par une augmentation de la hauteur de l'étage inférieur, une augmentation de l'angle mandibulaire, une hyperplasie alvéolaire molaire et un excès vertical maxillaire (12).

Or, selon Schudy (27), cette croissance alvéolaire molaire contrôle la position verticale du menton mais aussi sa position antéro-postérieure par le biais des rotations mandibulaires.

Ainsi, la mise en place de deux mini-implants à l'arcade maxillaire en position moyenne ou haute permet de contrôler l'action extrusive de nos mécaniques, et, dans la mesure du possible, de contrôler la hauteur alvéolaire molaire supérieure (16).

En effet, la présence de ces minivis permet une stabilisation verticale ou une légère ingression de la molaire maxillaire avec une diminution de la divergence et une légère auto-rotation de la mandibule y compris dans les cas où une distalisation molaire a été nécessaire. Ces modifications s'expliquent par la réduction de la hauteur alvéolaire molaire maxillaire et, dans le même temps, par l'absence ou la très faible égression compensatoire de la molaire mandibulaire. Cette faible égression pourrait être attribuée à l'augmentation des forces musculaires induite par une meilleure répartition des forces antagonistes (16).

De même, dans les cas plus sévères, le recours systématique à deux mini-implants postérieurs positionnés aux deux arcades permet d'obtenir une réduction de la hauteur alvéolaire maxillaire totale. Le recours à quatre minivis permet une ingression de la molaire maxillaire associée à une stabilisation de la molaire mandibulaire permettant une auto-rotation mandibulaire (16). En effet, selon Schudy (27), une ingression molaire de 1mm peut produire jusqu'à 3 à 4mm d'ascension et d'avancée du menton.

1-3-3 Egression

Il existe deux types d'égressions postérieures : l'une accompagnée d'une augmentation de la dimension verticale faciale et l'autre sans. L'égression accompagnée d'un étirement des tissus mous est plus difficile à mettre en œuvre et les résultats très difficiles à maintenir (18).

L'égression est plus difficile que l'ingression, et même les mécaniques utilisant les minivis sont peu performantes (18).

Tout comme l'ingression, l'égression doit se faire avec un contrôle de la molaire dans les trois dimensions de l'espace. Pour obtenir un mouvement de translation lors de l'égression, la force extrusive doit passer par le centre de résistance de la dent. Une minivis en vestibulaire n'est pas suffisante car une force extrusive vestibulaire entraînera une version coronaire. Pour contrôler le torque, il est donc nécessaire qu'une force extrusive soit exercée au niveau lingual et vestibulaire (20).

Ces forces extrusives seront exercées par le biais de ressorts fermés reliant la dent aux minivis (18).

1-3-4 Redressement de l'axe des molaires

Le contrôle de l'axe des molaires concerne essentiellement la deuxième molaire mandibulaire lorsque celle-ci s'est versée suite à la perte prématurée de la première molaire. Le redressement de l'axe molaire se fait généralement en vue d'une réhabilitation prothétique (18).

Le redressement de l'axe d'une molaire peut se faire de trois façons (18) :

- Rotation autour du centre de résistance de la dent (a),
- Redressement par rotation autour de l'apex de la racine mésiale (b),
- Redressement par un mouvement des racines (c) : ce déplacement nécessite plus de remaniement alvéolaire, un meilleur ancrage et une durée plus longue.

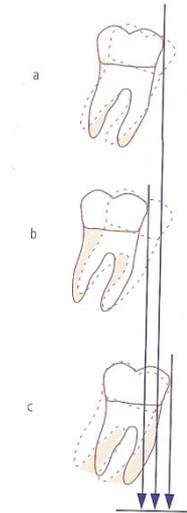


Figure 36 : Le redressement de l'axe d'une molaire peut se faire de trois façons (18)

Afin de redresser une molaire mandibulaire versée, il existe plusieurs possibilités (20) :

1) Une minivis peut être positionnée sur la crête édentée avec un ressort en compression (a) ou un arc sectionnel en chaussette (b) relié à la molaire couchée. Cependant, il est possible de rencontrer des difficultés d'insertion de l'arc au niveau de l'implant sauf si la minivis possède une tête avec un bracket ou si un bracket est collé sur la tête de l'implant à l'aide de composite fluide.

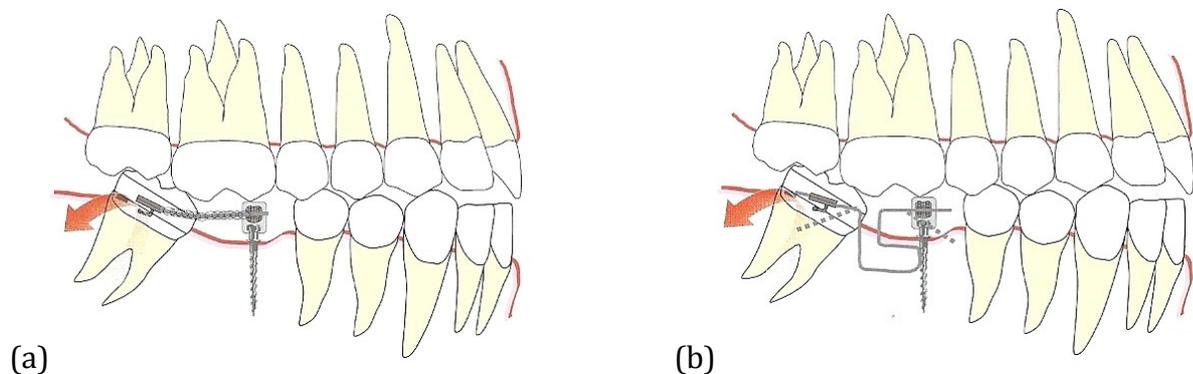


Figure 37 : Techniques de redressement molaire à l'aide de minivis positionnées sur la crête édentée (20)

2) Si l'espace est insuffisant entre la dent à redresser et la dent adjacente, la minivis peut être placée en distal et le redressement de l'axe molaire se fera par un ancrage direct à l'aide d'une chaînette élastique. Cependant, cette technique présente plusieurs inconvénients. La mise en place de l'implant est plus complexe du fait du manque d'accessibilité et l'épaisseur souvent importante de la muqueuse distale rend nécessaire l'utilisation d'une minivis longue. De plus, la chaînette aura tendance à partir facilement du fait des forces de mastication.

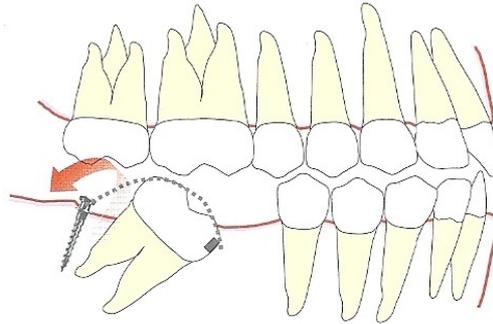


Figure 38 : Technique de redressement molaire avec une minivis positionnée distalement (20)

3) Lorsque l'espace est insuffisant en mésial, il est aussi possible de placer une minivis entre les racines des prémolaires. Pour limiter le torque, la pose de deux implants est recommandée. S'il est possible de poser deux implants de part et d'autre des racines des prémolaires, un ancrage direct uniquement implantaire pourra être réalisé en reliant les implants ensemble par un arc segmenté puis en utilisant un arc avec du tip forward (a). S'il n'est possible de positionner qu'un seul implant, celui ci pourra être relié à un groupe de dents (généralement canines et prémolaires) pour réaliser un ensemble dento-implantaire sur lequel est fixé l'arc (b).

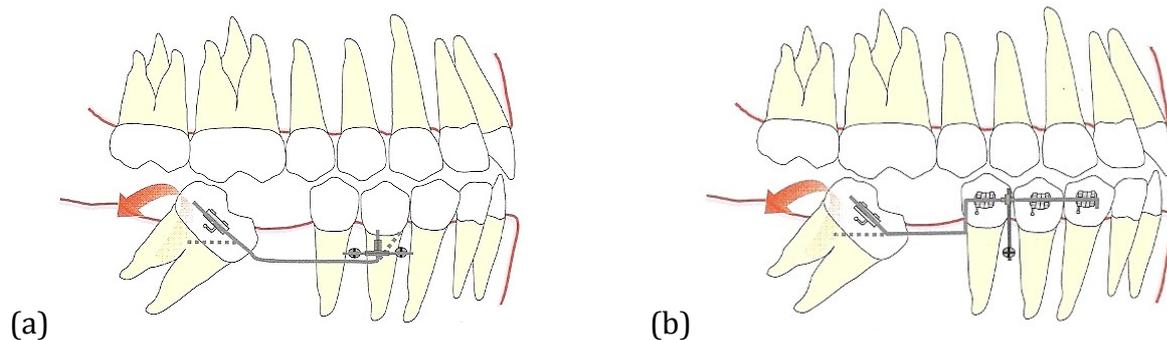


Figure 39 : Technique de redressement molaire à l'aide de minivis positionnées mésialement (20)

Cependant, avec cette méthode, le redressement de la molaire s'accompagne souvent d'une égression. Or l'égression de la molaire mandibulaire associée aux interférences occlusales créées avec les dents antagonistes augmente le risque de mobilité de la dent. Afin de limiter ce risque, une force d'ingression doit être ajoutée sur la partie distale du tube molaire. Ainsi, la dent sera reliée à la minivis par l'intermédiaire de deux arcs. Tout d'abord un arc .016 x .022 en acier avec du tip forward permet de redresser l'axe molaire. Ensuite, un arc en titane .017 x .025 permet de l'ingresser (11).

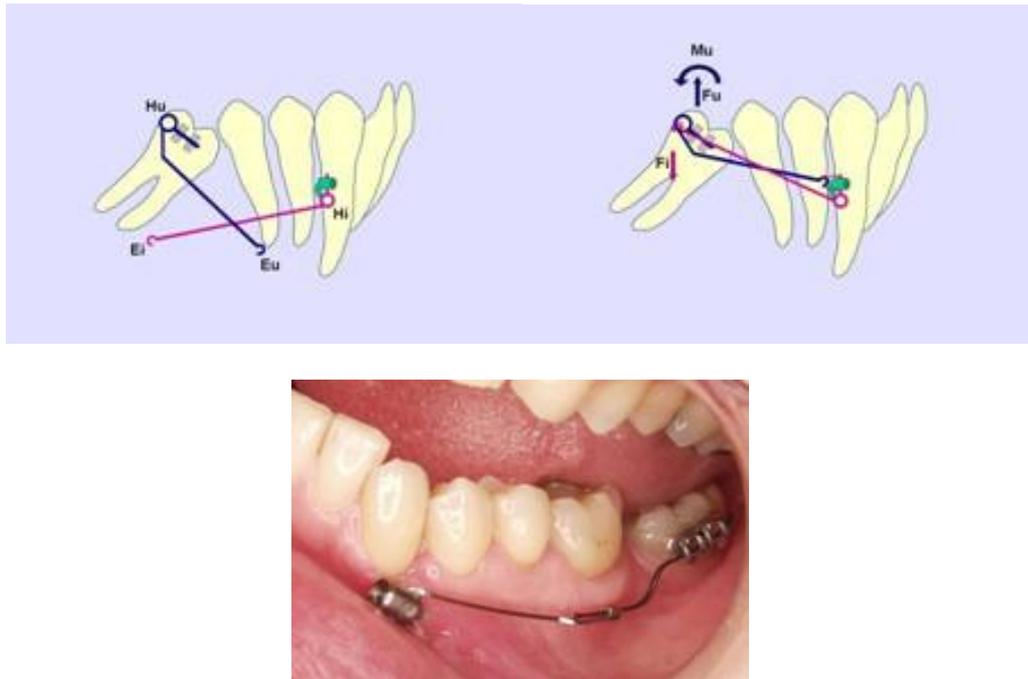


Figure 40 : Méthode permettant un redressement molaire associée à une ingression afin de limiter les interférences occlusales (11)

1-3-5 Mésialisation ou protraction molaire

1-3-5-1 Principes

La protraction molaire est un mouvement difficile à réaliser. Ses deux indications principales sont (20) :

- une mésialisation de la deuxième molaire après extraction de la première molaire.
- une mésialisation de la première molaire lors d'agénésies ou suite à l'extraction des prémolaires.

La protraction molaire nécessite un ancrage important pour limiter l'apparition d'effets indésirables concernant la dent à déplacer ou les dents antérieures. Ainsi, le recours aux minivis permet d'obtenir un meilleur contrôle des déplacements dentaires (18).

De façon générale, la protraction molaire est plus difficile à la mandibule. Elle devient imprévisible quand (18):

- La molaire se déplace dans une zone édentée depuis longtemps et que l'os alvéolaire s'est résorbé.
- La molaire est déplacée dans une zone édentée atrophique avec une crête alvéolaire réduite en hauteur.
- La molaire protractée est complètement développée avec des racines entièrement formées.

Le facteur de risque le plus important concerne l'environnement parodontal de la molaire à protracter. En effet, au cours du déplacement, alvéolyses, récessions gingivales et déhiscences peuvent survenir (18).

Lors de la protraction molaire, la force est souvent appliquée à distance du centre de résistance ce qui entraîne une rotation tridimensionnelle de la dent (20).

1-3-5-2 Contrôle transversal

Dans la direction transversale, quand une molaire est protractée, une rotation mésio-palatine se produit, la forme de l'arcade est modifiée et le surplomb vestibulaire est augmenté au niveau de la deuxième molaire. Pour contrôler ces rotations de premier ordre, il existe plusieurs solutions (18) :

- Sur un arc peu rigide (de type .017 x .025 inch), il est possible d'incorporer une courbe de compensation de type « toe in » pour limiter la rotation molaire mais le niveau de contrôle reste faible (a).
- Le recours à des méthodes de solidarisation à travers l'arcade avec des barres palatines ou des arc linguaux est efficace pour maintenir la forme et la dimension transversale de l'arcade et empêcher la rotation molaire mais reste relativement inconfortable pour le patient et ne peut être utilisé en cas de protraction unilatérale (b).

- L'utilisation d'un arc rigide d'une taille supérieure à .017 x .025 inch en acier donne de bons résultats à condition d'appliquer des forces de protraction minimales et d'utiliser un tube molaire plutôt qu'un bracket. Cependant, un contrôle précis est difficile avec cette méthode qui n'est pas idéale pour les traitements longs (c).
- L'utilisation d'un bouton lingual avec l'application de la force à la fois en vestibulaire et en palatin semble être la méthode la plus simple et la plus efficace (d).

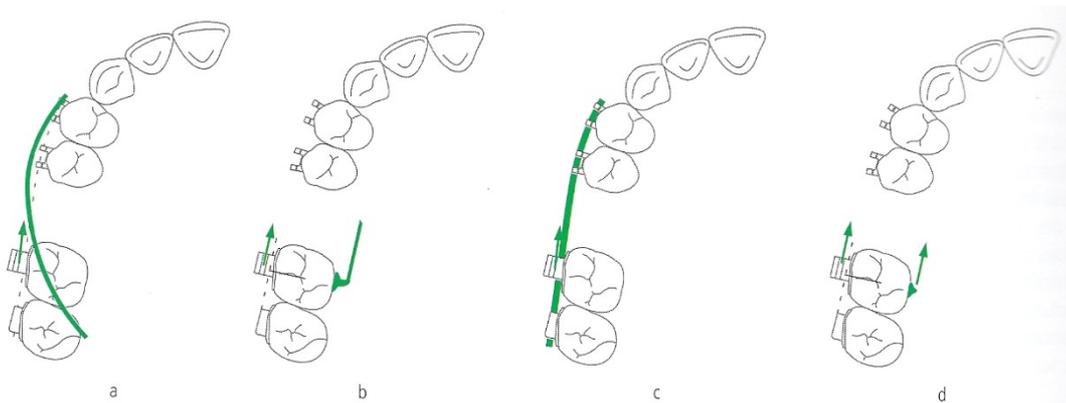


Figure 41 : Méthodes permettant de contrôler les rotations de premier ordre lors de la protraction molaire (18)

1-3-5-3 Contrôle vertical et sagittal

Il en est de même dans les plans sagittaux et verticaux. Une force de protraction appliquée sur un crochet vestibulaire provoquera une tendance à la version mésiale. De plus les minivis étant généralement positionnées apicalement, la protraction va être associée à une force d'intrusion. Il peut en résulter une ingression des dents postérieures. Si l'ingression se produit unilatéralement, il en résultera une inclinaison du plan d'occlusion (18).

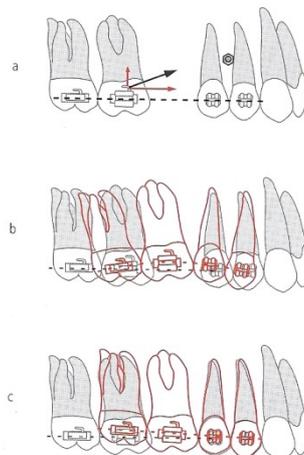


Figure 42 : Inclinaison du plan d'occlusion lors de la rétraction molaire (18)

Le contrôle vertical et celui de la version sont donc nécessaires. Pour cela, il existe plusieurs solutions (18) :

- Une courbe de compensation peut réduire la tendance à la version mésiale mais le contrôle vertical est impossible avec cette méthode (a).
- L'utilisation d'un arc en acier de taille supérieure à .017x .025 inch peut minimiser les effets secondaires mais ne sera pas totalement efficace si le traitement se prolonge et ne permet pas un niveau de contrôle optimal (b).
- Une potence engagée dans le tube auxiliaire peut permettre un contrôle satisfaisant et rapproche le point d'application de la force du centre de résistance de la dent (c).

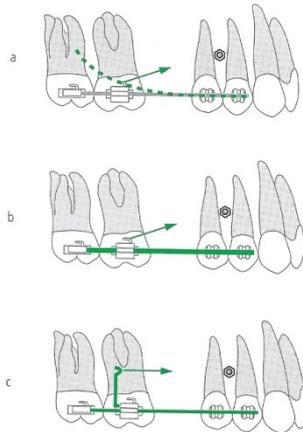


Figure 43 : Méthode de contrôle vertical et sagittal lors de la rétraction molaire (18)

Enfin, la protraction des molaires peut avoir une incidence sur les dents antérieures. En effet, la mésialisation molaire peut s'accompagner d'une rétraction du bloc incisivo-canin que l'on souhaite souvent éviter. Le recours aux minivis permet de renforcer l'ancrage et de limiter ce recul (20).

Inversement, la protraction molaire peut générer des frictions au niveau du tube molaire. Cette friction peut empêcher le déplacement de l'arc au sein des tubes molaires et être à l'origine de l'avancée du bloc incisivo-canin parallèlement à celle de la molaire (20).

Afin de contrôler la position des dents antérieures, celles-ci seront ligaturées ensemble pour s'opposer aux forces générées lors du déplacement des molaires (20).

1-3-5-4 Ancrage direct - Ancrage indirect

Lors de la protraction de dents postérieures, les minivis peuvent être utilisées comme ancrage direct ou indirect. Lorsque l'on a recours à un ancrage direct, les minivis peuvent être positionnées (20) :

- en vestibulaire, au niveau des prémolaires (voire entre canines et prémolaires). La mésialisation se fera par l'intermédiaire d'un ressort ou d'une chaînette élastique reliant la dent à la minivis. L'utilisation d'une potence permet de décaler le point d'application de la force et donc de limiter le risque d'apparition de mouvements non désirés.

- en palatin en interdentaire entre canines et prémolaires. Les minivis seront reliées entre elles, par un arc transpalatin, de même que les molaires à avancer. Un dispositif de traction pourra être mis en place entre les deux arcs.

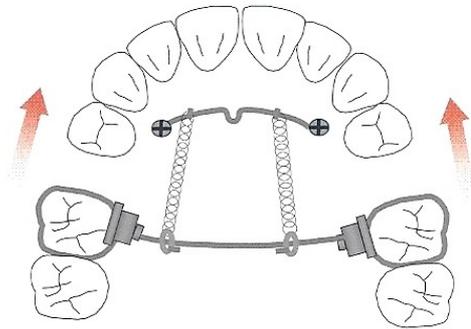


Figure 44 : Rétraction molaire à l'aide de deux minivis situées en interdentaire du côté palatin (20)

Si le déplacement se déroule sur une longue période, si un mouvement important est nécessaire ou si un mouvement dissymétrique est requis, l'utilisation d'un ancrage indirect est préférable pour sa meilleure stabilité. La minivis sera alors reliée à l'arc par l'intermédiaire d'un segment soudé ou collé à l'aide de composite (a et b). L'utilisation de deux minivis situées de part et d'autres des prémolaires permet un ancrage encore plus solide (c) (20).

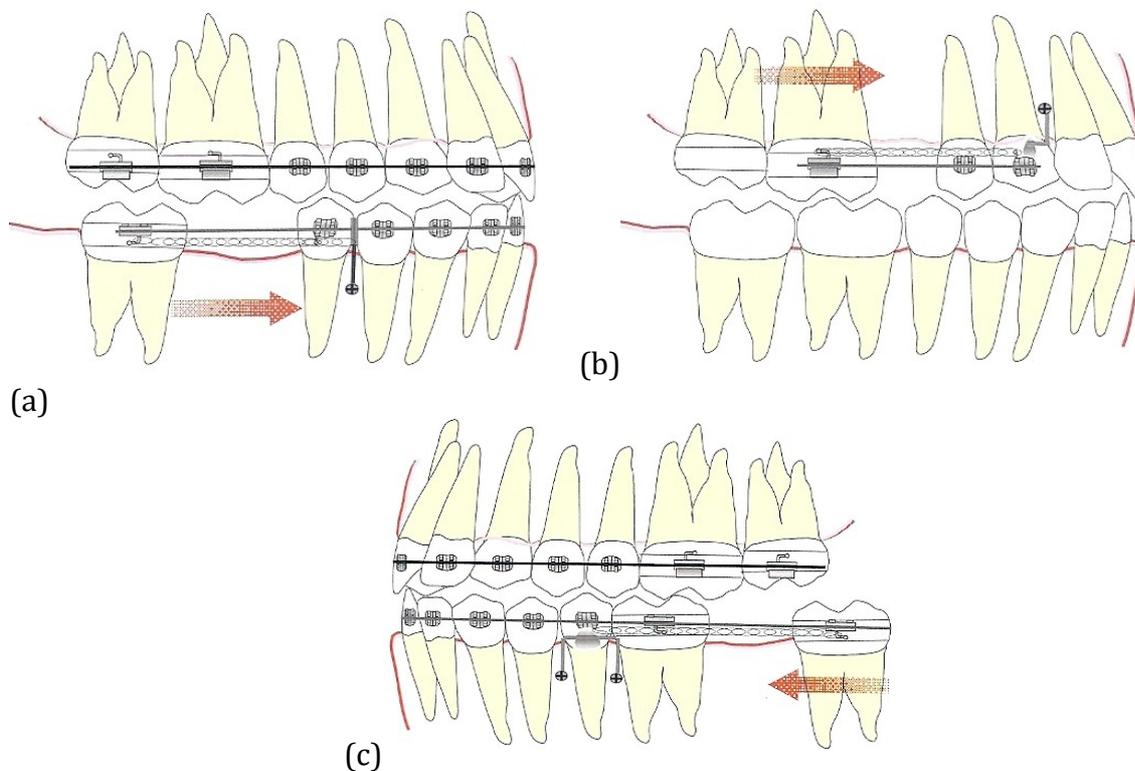


Figure 45 : Rétraction molaire à l'aide d'un ancrage squelettique indirect (20)

1-3-6 Distalisation

La distalisation molaire à l'aide de minivis est indiquée pour traiter des malocclusions de classes II et III ou pour créer un espace lors de la désinclusion d'une canine ou d'une prémolaire (18).

L'élaboration d'un plan de traitement précis est le facteur de succès le plus important du recul molaire. Avant toute distalisation postérieure, il faudra donc contrôler (18) :

- 1) Que le recul est inférieur ou égal à trois millimètres dans les cas où la minivis est positionnée en interdentaire. Dans les cas de recul plus important, les minivis devront être positionnées à distance, au niveau du palais ou des crêtes infra-zigomatiques (système Bollard).
- 2) Que le déplacement des dents reste toujours à l'intérieur des procès alvéolaires.
- 3) Que l'espace disponible est suffisant.
- 4) Que les troisièmes molaires ont été extraites. En effet, elles occupent l'espace disponible et le recul molaire augmente le risque d'impaction.
- 5) Que la quantité de gencive attachée est suffisante : pour maintenir une bonne hygiène bucco-dentaire, il est nécessaire d'avoir suffisamment de gencive attachée après distalisation, notamment en disto-vestibulaire de la deuxième molaire mandibulaire (car celle-ci est d'autant plus exposée à un risque d'atteinte de sa furcation).

Pour qu'un mouvement de translation soit obtenu, la force de distalisation doit être appliquée à travers le centre de résistance des molaires. Ceci étant cliniquement impossible, la force sera appliquée à distance du centre de résistance, entraînant une rotation des molaires dans les trois dimensions de l'espace. Cette rotation est d'autant plus importante au niveau de la deuxième molaire, ce qui rend son contrôle impératif (20).

Ainsi, que la rétraction soit réalisée dent par dent ou en masse, les forces de distalisation seront exercées plus efficacement sur les deuxièmes molaires que sur toute les autres dents. En effet, sur le plan biomécanique, le contrôle de la deuxième molaire dans les trois dimensions de l'espace et le contrôle de la forme d'arcade sont cruciaux (20).

En fonction de la situation clinique, il existe plusieurs possibilités de positionnement des minivis :

1) Tout d'abord, les minivis peuvent être positionnées au centre du palais. Cette position permet le recul bilatéral des molaires. Elle assure une bonne stabilité primaire du fait de l'os cortical présent et les minivis n'interfèrent pas avec les mouvements dentaires et ne limitent donc pas l'étendue de la distalisation. De plus, l'espace palatin est vaste et les lignes d'action peuvent être placées idéalement. Cependant, ce positionnement est à l'origine d'inconfort pour le patient et nécessite des étapes de laboratoire (20).

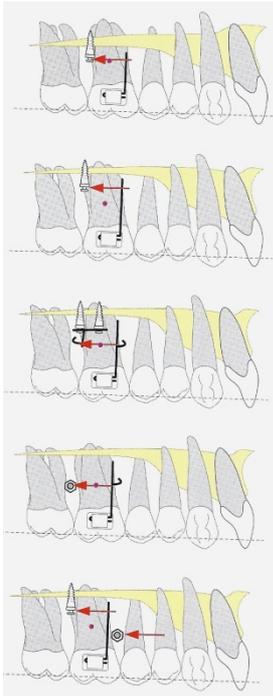


Figure 46 : Distalisation molaire à l'aide de minivis situées en médio-palatin (20)

Lorsque la voûte est peu profonde, la force de distalisation passe presque par le centre de résistance des molaires (situé au niveau de la zone de furcation). En revanche, si la voûte palatine est profonde, les forces de distalisation passeront au dessus du centre de résistance et il existera un risque de version. Ce problème peut être résolu en changeant la ligne d'action de la force par l'utilisation d'un attachement ou encore par l'utilisation d'une minivis vestibulaire associée aux minivis palatines (20).

La minivis peut se situer dans le plan sagittal-médian. On pourra s'appuyer sur une seule minivis ou sur deux minivis solidarisiées par du composite. Les molaires sont reliées entre elles par une barre transpalatine. Celle-ci est reliée par l'intermédiaire de chainettes élastiques, soit directement aux minivis soit à des attachements fixés aux minivis et permettant de modifier la ligne d'action de la force.

Les minivis pourront aussi être positionnées de part et d'autre de la suture médiane afin de ne pas léser un site en croissance. Ceci présente aussi l'intérêt de générer des forces de distalisation à partir de deux points (20).

2) Les minivis peuvent aussi être positionnées en interdendaire du côté palatin. Cette position présente l'avantage de pouvoir mieux contrôler la position de la ligne de force et

de disposer d'un espace interdentaire plus large qu'en vestibulaire. Cependant, les minivis peuvent interférer avec les mouvements dentaires, un arc palatin peut se révéler nécessaire et la procédure de placement des minivis est plus difficile qu'en vestibulaire.

Dans ce cas, les minivis sont positionnées en distal des dents à reculer. Afin de limiter la rotation molaire, celles-ci sont solidarisées par un arc palatin qui sera lui même relié aux minivis par l'intermédiaire de chaînettes élastiques (20).

3) Enfin, les minivis peuvent être positionnées en interdentaire du côté vestibulaire. Cette technique sera réservée aux patients de plus de quinze ans. L'utilisation de minivis en vestibulaire est préférable à cause de la facilité de leur pose et de la simplicité de leur usage au cours du traitement. Cependant, elles présentent l'inconvénient d'interférer avec le mouvement des dents adjacentes (sauf si le mouvement est inférieur à deux ou trois millimètres) (20).

En fonction des objectifs thérapeutiques, les mécaniques de distalisation peuvent être divisées en deux catégories selon que l'ancrage est utilisé directement ou indirectement. De façon générale, l'ancrage indirect est plus stable, alors que l'ancrage direct permet un déroulement plus efficace du traitement. Quand des déplacements dentaires asymétriques ou d'amplitude importante sont nécessaires, l'ancrage indirect est recommandé à cause de sa meilleure stabilité (20).

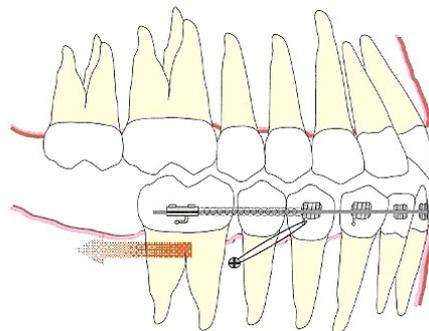


Figure 47 : Distalisation molaire à l'aide d'un ancrage squelettique indirect (20)

Les mécaniques peuvent également être classées selon qu'elles permettent de distaler les molaires « une par une » ou « en masse ». Le mouvement dent par dent est plus facile à contrôler bien que le mouvement en masse rende la progression du traitement plus efficace. Pour une distalisation dissymétrique, le recul dent par dent est recommandé jusqu'à l'obtention d'une symétrie molaire (20).

Lors de la rétraction molaire, le recours à une mécanique segmentaire ne prenant en charge que les segments postérieurs est attrayante puisqu'elle permet de retarder l'équipement des incisives. Cependant, quand les deux secteurs postérieurs ne sont pas reliés et qu'une force de distalisation leur est appliquée, le risque de rotation de chaque segment est élevé. L'arcade se retrouve alors élargie dans la zone prémolaire. Le recours

à une solidarisation à travers l'arcade ou à une mécanique d'arc continu est donc recommandé (18).

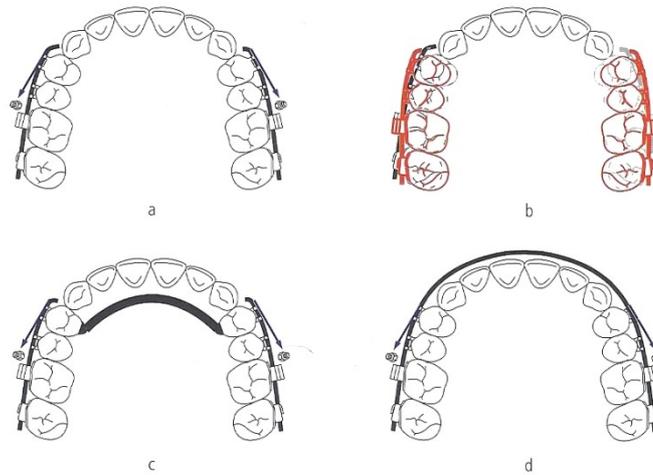


Figure 48 : Modification de la forme d'arcade lors de la distalisation molaire par mécanique segmentaire (18)

Dans une mécanique sectionnelle avec minivis positionnées en vestibulaire, canines et prémolaires peuvent être solidarisées avec du composite pour former un ensemble sur lequel est collé un bracket. La première molaire est distalée grâce à un ressort en compression et une force de rétraction est exercée à partir de la minivis sur l'ensemble formé par la canine et les prémolaires. Après distalisation de la première molaire, un bracket est positionné sur les prémolaires qui sont distalées à leur tour à l'aide d'un autre ressort en compression et d'une force de distalisation à partir de la minivis. Après distalisation des prémolaires, des brackets sont positionnées sur les dents antérieures qui sont alignées à leur tour (18).

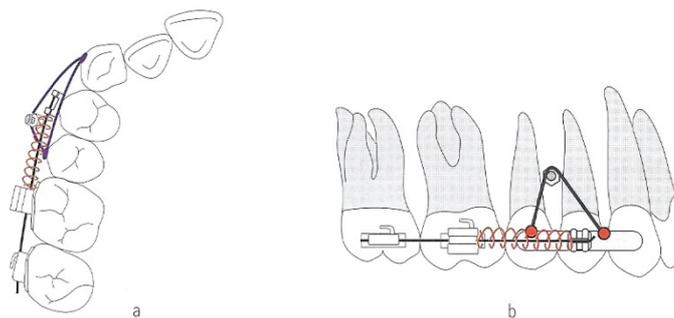


Figure 49 : Recul dent par dent à l'aide d'une mécanique sectionnelle (18)

A l'inverse, le recul des secteurs postérieurs par une mécanique d'arc continu peut nécessiter deux minivis vestibulaires. Un ressort fermé est positionné entre la première

et deuxième molaire pour permettre son recul. Parallèlement le bloc incisivo-canin est relié aux minivis afin de limiter sa protraction. Lorsque la deuxième molaire a suffisamment été déplacée, un deuxième ressort est positionné entre seconde prémolaire et première molaire afin de reculer celle-ci. Enfin, les dents antérieures et les prémolaires sont reculées à leur tour grâce à leur ancrage direct sur les minivis (18).

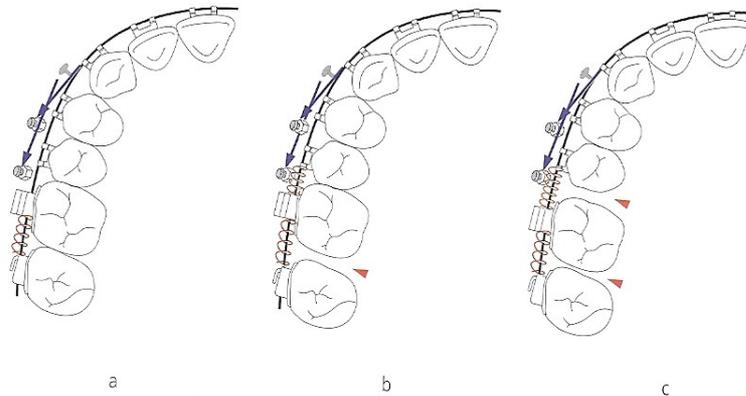


Figure 50 : Recul dent par dent à l'aide d'une mécanique continue (18)

Les molaires peuvent aussi être reculées en masse en mettant directement en place des ressorts entre prémolaires et première molaire et entre première et deuxième molaires (18).

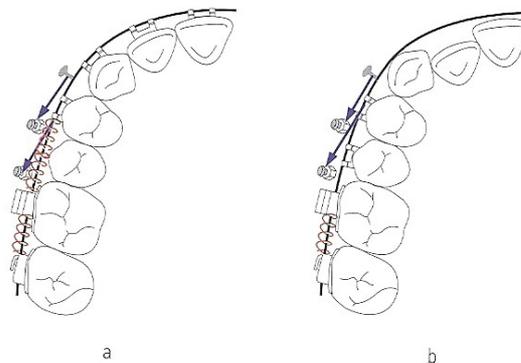


Figure 51 : Recul en masse à l'aide d'un ancrage indirect (18)

Enfin, il est possible de reculer une arcade entière à l'aide de minivis. En effet, deux minivis positionnées entre la deuxième prémolaire et la première molaire peuvent suffire à reculer l'ensemble de l'arcade. Cependant ceci sera plus facile si les dents postérieures sont versées mésialement (18).

De façon générale, le contrôle de la deuxième molaire est primordial. Il est donc indispensable de l'inclure dans l'appareillage afin d'éviter une version vestibulaire des

molaires maxillaires, une version linguale des molaires mandibulaires ou encore une version distale de la première molaire (20).

2. Contrôle de la dimension transversale

2-1 Expansion maxillaire

Trois problèmes classiques concernent l'expansion maxillaire (20):

- La survenue de mouvements indésirables, notamment la vestibulo-version des dents.
- La difficulté de réaliser une séparation de la suture sagittale chez les patients adultes.
- La stabilité.

L'ancrage squelettique peut être utile pour résoudre ces problèmes.

Ainsi, une expansion palatine rapide peut être gérée grâce à des minivis. Certains disjoncteurs ont été développés pour s'appuyer sur deux minivis situées de part et d'autre de la suture palatine et reliées aux molaires par l'intermédiaire d'un verrin, permettant ainsi une expansion maxillaire (20).

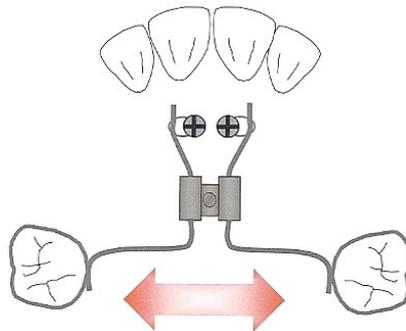


Figure 52 : Expansion palatine rapide avec deux minivis servant d'ancrage (20)

De plus, les minivis peuvent être utilisées pour remplacer une dent manquante. En cas d'absence d'une molaire par exemple, celle-ci peut être substituée par deux minivis reliées entre elles par du composite et servant d'appui au disjoncteur.

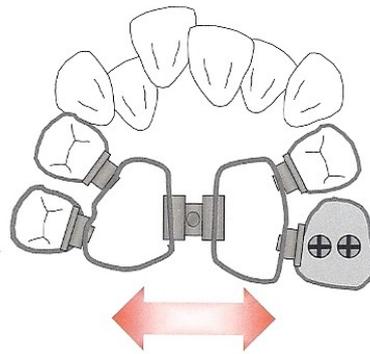


Figure 53 : Minivis remplaçant une dent lors d'une expansion palatine (20)

Cependant, si la croissance suturale du patient est terminée, ces appareils auront un rôle orthodontique et non orthopédique entraînant seulement une vestibulo-version des dents.

2-2 Constriction de l'arcade

Une constriction unilatérale de l'arcade maxillaire est toujours compliquée du point de vue de l'ancrage car elle impose des contraintes mécaniques importantes au niveau du secteur controlatéral. Le recours aux minivis peut être une solution (20). La minivis sera positionnée au niveau médio-palatin et reliée aux dents à déplacer par un arc segmenté et un module élastique ou un ressort (a).

De même, en cas de constriction bilatérale (b), une ou deux minivis implantées en médio-palatin seront reliées aux deux côtés de l'arcade par des ressorts ou des chaînettes élastiques (20).

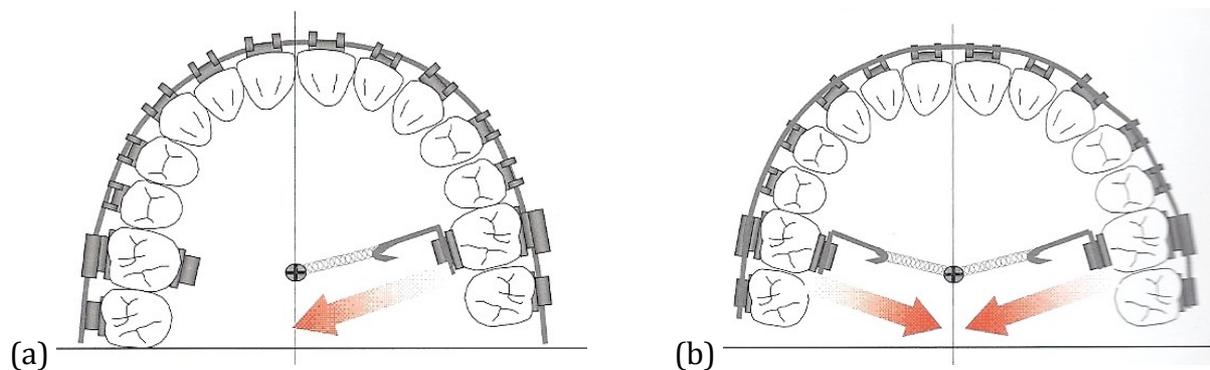


Figure 54 : Constriction de l'arcade à l'aide d'une minivis médio-palatine (20)

2-3 Occlusion inversée

L'occlusion inversée n'est pas seulement un problème transversal, mais aussi un problème vertical. Pour corriger un inversé d'articulé, les forces appliquées par les minivis auront donc à la fois une composante vestibulo-palatine (ou linguale) mais aussi une composante d'ingression (18).

De façon générale, la dent devant être vestibulée sera reliée à une minivis positionnée en apical et en vestibulaire tandis que la dent antagoniste sera reliée à une minivis située en lingual ou palatin

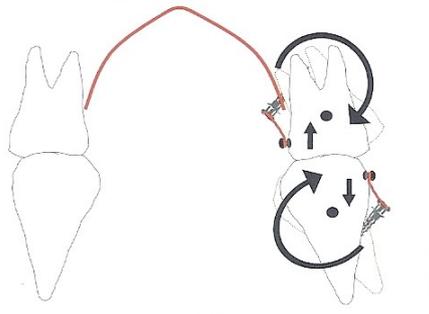


Figure 55 : Correction d'un inversé d'articulé à l'aide d'un ancrage implantaire (18)

2-4 Déplacement transversal d'une seule dent

La correction d'une malposition transversale isolée peut se faire à condition que la place nécessaire sur l'arcade soit disponible. Au niveau des molaires maxillaires, elle peut se faire de trois façons (20) :

- Une minivis unique en interdentaire vestibulaire peut être utilisée en ancrage indirect. En effet, la correction d'une malposition isolée peut se faire par l'intermédiaire d'une déformation de premier ordre. La minivis permettra de renforcer l'ancrage de la prémolaire (a).
- Deux minivis palatines situées de part et d'autre de la molaire à déplacer, en interdentaire, permettent de contrôler directement la ligne d'action. Celles-ci pourront être positionnées en vestibulaire si la dent doit être déplacée vers l'extérieur (b).
- Enfin, deux minivis au centre du palais associées à une potence peuvent être utilisées. L'utilisation d'une telle potence permet un meilleur contrôle des déplacements (c).

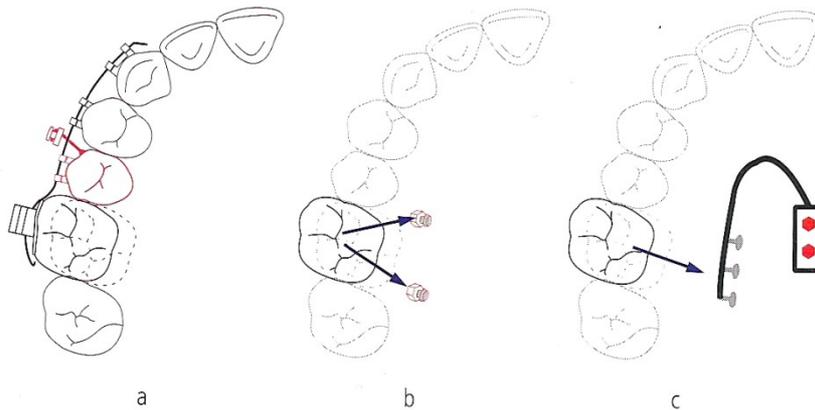


Figure 56 : Correction d'une malposition isolée d'une molaire maxillaire à l'aide de minivis (20)

Concernant les molaires mandibulaires, l'utilisation des minivis se fera essentiellement lorsque la dent est trop linguale et doit être vestibulée car les minivis ne

peuvent être positionnées que sur le versant vestibulaire. De même qu'au maxillaire, le déplacement peut se faire de différentes façons (20):

- Une minivis interdentaire en vestibulaire peut être utilisée en ancrage indirect sur la dent adjacente (a).
- Une minivis unique peut également être positionnée directement en vestibulaire de la dent à déplacer (b).
- Deux minivis vestibulaires situées à distance et reliées à un attachement peuvent être mis en place pour contrôler la ligne d'action. Cependant, les bras en extension sont plus irritants à la mandibule qu'au palais et peuvent être moins stables à l'arcade mandibulaire (c).

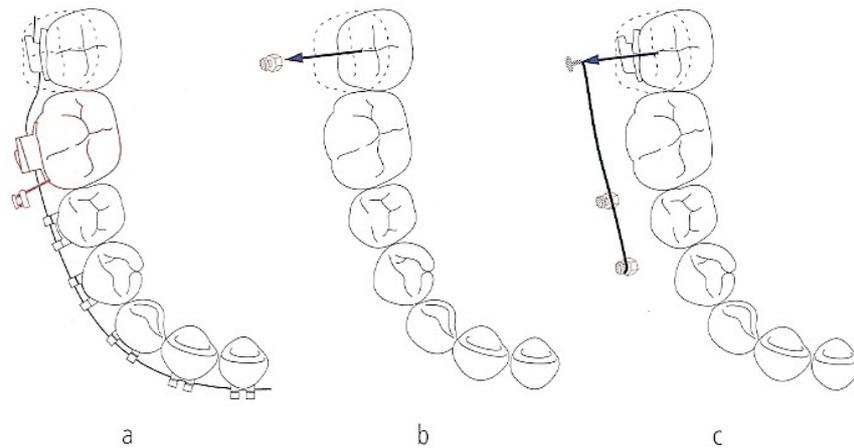


Figure 57 : Correction d'une malposition isolée d'une molaire mandibulaire à l'aide de minivis (20)

QUATRIEME PARTIE :
Correction de malocclusions à
l'aide de minivis :
présentation de cas cliniques

1. Correction d'une malocclusion de classe II avec extractions

Les malocclusions de classe II sont parmi les dysmorphies les plus fréquentes. Leur correction consiste à reculer le maxillaire au niveau squelettique ou alvéolo-dentaire, et/ou à avancer la mandibule.

L'ancrage à l'aide de minivis peut faciliter chacun de ces déplacements (23). De plus, du fait d'un potentiel d'ancrage souvent limité des dents, d'une difficulté d'acceptation des auxiliaires intra ou extra oraux et de problèmes de coopération, le recours aux minivis peut être opportun.

Dans le cas des traitements des malocclusions de classe II, l'utilisation de minivis permet (23) :

- De ne pas dépendre de la coopération du patient,
- De raccourcir le temps de traitement grâce au recul simultané des six dents antérieures,
- De modifier rapidement le profil du patient permettant ainsi d'améliorer sa motivation et sa coopération.

L'utilisation d'un ancrage squelettique est la plus fréquente chez les adultes atteints de classe II dont le traitement passe par l'extraction des prémolaires (généralement premières prémolaires maxillaires et deuxièmes prémolaires mandibulaires). En effet les tissus de soutien parodontaux sont souvent plus faibles chez l'adulte, ce qui rend la résistance stable des dents servant d'ancrage insuffisante (23).

Afin de limiter les mouvements parasites, le recours aux minivis peut se faire sous deux formes (23):

- Sous la forme d'un ancrage direct : une minivis peut être positionnée à proximité de la première molaire afin d'assurer le recul du bloc antérieur dans les classes II canines, ou au niveau prémolaire ou palatin pour distaler les dents postérieures dans les classes II molaires.

- Sous la forme d'un ancrage indirect : la minivis peut être positionnée au niveau de la ligne médio-palatine et reliée aux deuxièmes prémolaires ou aux premières molaires par l'intermédiaire d'un arc transpalatin. Celui-ci peut renforcer l'ancrage lors du recul du bloc incisivo-canin ou être relié aux canines pour éviter leur mésialisation lors du recul des molaires.

1-1 Cas clinique n°1 : Correction d'une Classe II unilatérale par recul molaire à l'aide d'une minivis (4)

Une patiente âgée de vingt deux ans et sept mois consulte pour un encombrement et des douleurs articulaires. L'examen clinique révèle une classe II division 1 unilatérale. En effet, elle présente une classe I molaire gauche mais une classe II molaire complète à droite. La canine droite est elle aussi en classe II et il existe un décalage des milieux inter-incisif. La seconde prémolaire maxillaire droite a été extraite car elle était incluse. Ceci a entraîné une mésialisation des deux molaires maxillaires droites et le décalage de deux millimètres vers la droite du milieu inter-incisif. Le milieu inter-incisif mandibulaire coïncide avec le plan sagittal médian.

Deux plans de traitement ont été proposés : un traitement conventionnel avec maintien d'une partie du décalage ou un traitement à l'aide de minivis permettant de recréer l'espace de la prémolaire et de remettre la molaire en classe I.



Figure 58 : Photographies endobuccales et radiographie panoramique avant le traitement (4)

La patiente a choisi la deuxième proposition. Le plan de traitement consiste donc à recréer un espace nécessaire pour remplacer la prémolaire sans réaliser d'autres extractions que les dents de sagesse mandibulaires et maxillaires droites incluses.

L'ancrage squelettique est assuré par des minivis permettant ainsi le recul des molaires.

Après deux mois de rééducation, les symptômes douloureux au niveau des articulations temporo-mandibulaires ont disparu.

Afin d'améliorer les relations d'intercuspitation molaire et de rétablir la classe I molaire droite, un C-implant (Séoul, Corée) de diamètre 1,8mm, et de longueur 8,5mm est positionné dans la zone inter-radicaire entre canine et première prémolaire droite avec un angle de 75 degrés par rapport à l'axe vertical des dents. Le C-implant est

constitué d'une vis sur laquelle est fixée une tête et pouvant posséder un cou plus ou moins long. La tête peut être percée et les têtes peuvent être interchangeables au cours du traitement.

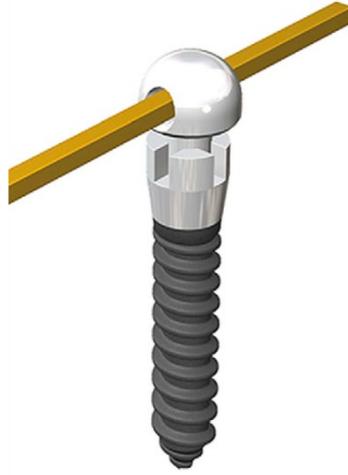


Figure 59 : Schéma du C-implant (4)

Le mini-implant est mis en charge immédiatement en commençant par des forces faibles de 50 grammes puis augmentant progressivement jusque 150 grammes.

Un segment d'arc de taille .017 x .025 inch en acier est positionné entre la canine et la deuxième molaire. La minivis est reliée à la canine par le biais d'une ligature métallique permettant de renforcer l'ancrage de manière indirecte. Le recul des molaires débute par la mise en place sur l'arc d'un ressort ouvert entre première et deuxième molaire (A). Parallèlement, la minivis est utilisée en ancrage direct grâce à un autre sectionnel en acier de .017 x .025 inch reliant la minivis à la première molaire. Ce segment, associé à un ressort ouvert délivrant une force de 100 grammes, permet de reculer directement la première molaire (B).

Au cours du traitement, le recul des dents postérieures s'accompagne d'une légère égression entraînant une petite augmentation verticale de l'étage inférieur par rotation postérieure de la mandibule. Afin de la corriger, des déformations de premier ordre permettant une légère ingressión molaire ont été réalisées sur les sectionnels en fin de traitement (E).

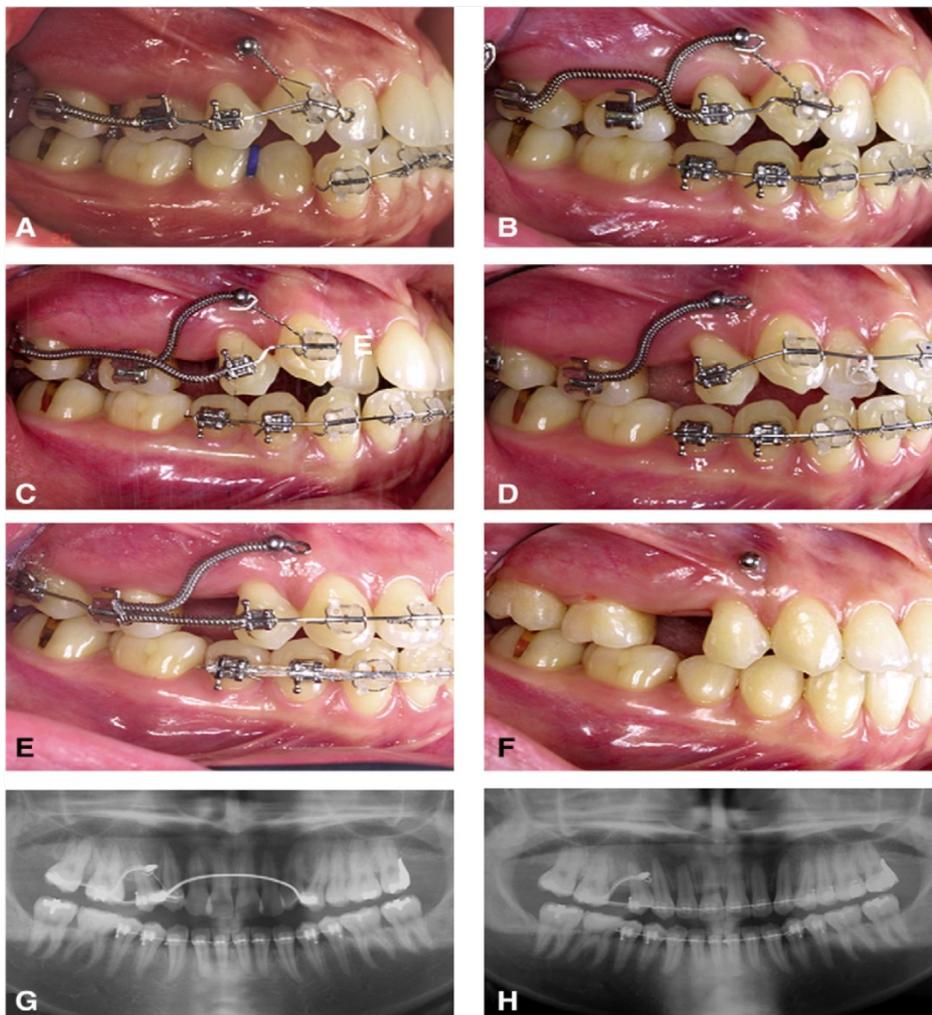


Figure 60 : Photographies endobuccales et radiographie panoramique en cours de traitement (4)

La totalité du matériel est retiré une fois que la classe I molaire a été récupérée. (D,E,H). Un recul de la deuxième molaire a aussi été observé tandis que la distalisation de la canine a été contrôlée grâce à la ligature de la dent avec la minivis assurant ainsi un ancrage indirect.

Le recul des molaires a été réalisé à l'aide d'arc sectionnels puis continus associés à des ressorts ouverts. (Figure 60-E).

Afin d'améliorer encore l'ancrage, un arc transpalatin a été positionné entre les deux premières prémolaires controlatérales. (Figure 61)



Figure 61 : Photographies occlusales maxillaires au cours du traitement : un arc transpalatin permet de renforcer l'ancrage lors du recul molaire asymétrique (4)

Les photos et les radiographies de fin de traitement mettent en évidence le recul des molaires et la création d'un espace suffisant pour remplacer la prémolaire absente par un implant et une couronne. Les classes I canines et molaires ont été rétablies du côté droit, et les lignes des milieux coïncident.

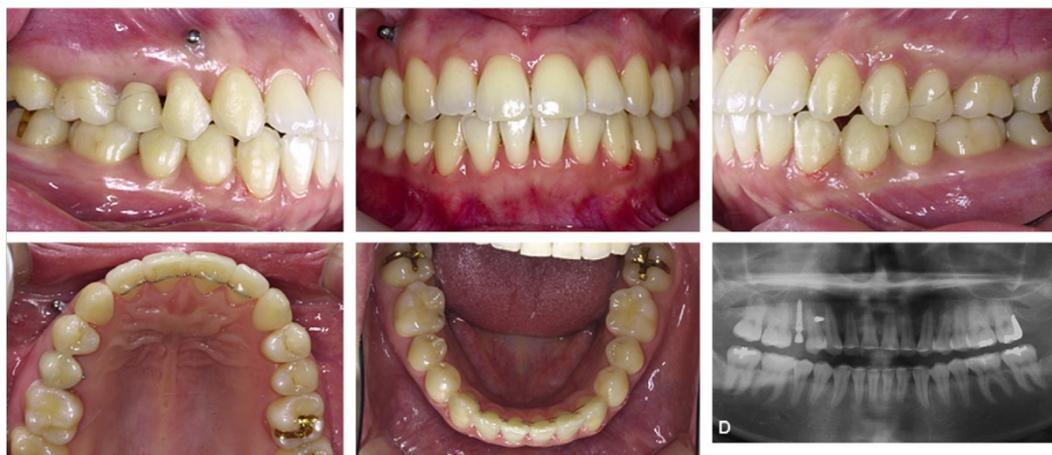


Figure 62 : Photographies endobuccales et radiographie panoramique en fin de traitement (4)

1-2 Cas clinique n°2 : Correction d'une classe II canine par rétraction du bloc incisivo-canin à l'aide de miniplaques (7)

Afin de limiter les mouvements parasites lors du traitement de malocclusions à l'aide d'un ancrage squelettique, les minivis doivent être positionnées de manière optimale, de façon à ce que le point d'application de la force passe par le centre de résistance de la dent à déplacer. Cependant, le positionnement des minivis étant souvent limité par des facteurs anatomiques (notamment la proximité radiculaire des dents adjacentes), il est parfois difficile d'obtenir une ligne de force idéale (7).

Lors du recul du bloc incisivo-canin participant à la correction de la classe II canine, l'utilisation d'un ancrage osseux situé dans la région apicale molaire ou au niveau de la crête infra-zygomatique permet d'obtenir une ligne de force située vers le haut. Ceci a pour intérêt d'éliminer le risque d'interférences occlusales et d'ajouter une composante d'ingression utile pour corriger les excès de recouvrement fréquemment associés aux classes II (7).

Idéalement, on préfère cependant une traction horizontale permettant un meilleur contrôle des déplacements. Celle-ci peut se faire à l'aide de minivis placées en cervical mais dont la mise en place augmente les risques de lésions radiculaires, ou à l'aide d'extensions.

De plus, plus la distance entre l'ancrage et la canine sera réduite et moins la composante sagittale de la force sera importante. Cette distance peut donc être diminuée soit en plaçant la minivis entre la première molaire et la prémolaire, soit en utilisant une extension afin de déplacer le point d'application de la force en distal de la première molaire (7).

Le système Bollard est une miniplaque fixée généralement au niveau de l'arcade infra-zygomatique, par l'intermédiaire de trois minivis. Elle est reliée à un bras en extension. En changeant la forme et la longueur du segment de connection entre le bras et la plaque, on peut modifier le point d'application de la force (7).

Ainsi, l'utilisation d'un tel système permet, par l'intermédiaire de son extension :

- D'obtenir une ligne de force passant le plus près possible du centre de résistance de la dent,
- De réaliser un déplacement dont la composante horizontale est largement supérieure à la composante verticale,
- De réduire au maximum la distance séparant l'ancrage de la dent afin de limiter les mouvements parasites.

Voici le cas d'une patiente dont la malocclusion a été traitée à l'aide du système Bollard (7). Cette patiente est une jeune femme de 22 ans présentant une classe II canine complète et un surplomb très augmenté. Une classe I molaire a été obtenue lors d'un traitement ultérieur par l'extraction des deux secondes prémolaires mandibulaires.



Figure 63 : photographies des moulanges avant le début du traitement (7)

1) Après extraction des premières prémolaires maxillaires, l'alignement des arcades est réalisé à l'aide d'un arc en nickel titane de diamètre .014 inch. Afin de ne pas augmenter le surplomb par protraction des incisives maxillaires lors de la correction de l'encombrement antérieur, toutes les dents ne sont pas ligaturées dans les premières étapes.



Figure 64 : Nivellement de l'arcade maxillaire après extraction des premières prémolaires : seules une incisives sur deux est ligaturée (7)

2) Le recul du bloc antérieur s'effectue en deux étapes : d'abord les canines puis les incisives. Le recul des canines seules a pour avantage de limiter la protrusion des incisives qui accompagne souvent un recul en masse.

La distalisation de la canine s'effectue à l'aide d'élastiques qui relie la canine au bras du Bollard. Ces élastiques développent une force d'environ 100 à 130 grammes. Cependant, les mouvements de recul à l'aide d'une mécanique de glissement associée à un ancrage squelettique ont tendance à augmenter le recouvrement. Ceci peut avoir son intérêt lorsque l'on veut corriger une béance antérieure mais dans la majorité des cas de classe II, le recouvrement est déjà augmenté. Or, un excès de recouvrement a tendance à compliquer la correction des malocclusions du sens sagittal. Afin de limiter l'égression des incisives, le recul canin peut être associé à une mécanique d'intrusion à l'aide d'un arc

en acier inoxydable de dimensions .016 x .016 inch inséré dans le tube du système Bollard. L'arc sera relié à l'arc principal entre 11 et 21 si les incisives sont palato-versées ou entre incisives latérales et canines lorsque les incisives sont vestibulo-versées.



Figure 65 : Arc d'ingression associé au recul canin (7)

Lors du recul canin, la force appliquée sur la canine par l'élastique se situe à distance de son centre de résistance. Ceci a pour effet de créer un moment entraînant une version corono-distale : les plots mésio-supérieurs et disto-inférieurs ont alors tendance à augmenter la friction sur l'arc. Celui-ci étant bloqué au niveau du bracket est entraîné distalement, parallèlement au déplacement de la canine.

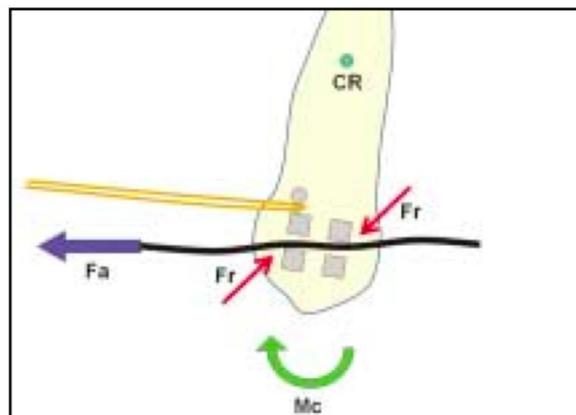


Figure 66 : Version corono-distale de la canine lors de son recul (7)

Avec un ancrage dentaire, l'élastique relie directement la canine à la molaire. Les frictions au niveau du bracket de la canine ont tendance à entrainer l'arc distalement mais le phénomène inverse a lieu au niveau de la molaire créant de la friction et déplaçant l'arc mésialement. Les deux mouvements se neutralisent.

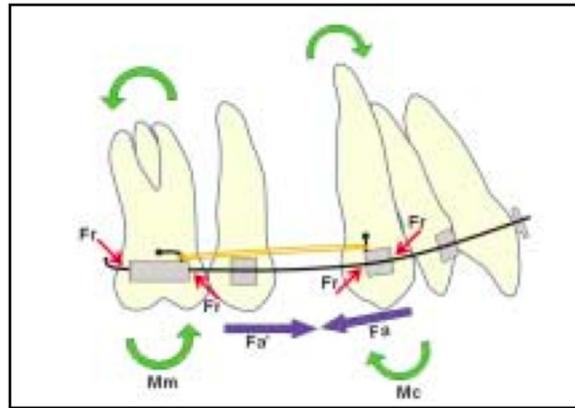


Figure 67 : Recul canin à l'aide d'un ancrage dentaire : les deux moments s'annulent (7)

En revanche, si l'ancrage est squelettique, la distalisation de l'arc bloqué au niveau de la canine n'est pas contrebalancée par une friction mésiale. Ainsi, le recul canin pourra s'accompagner d'une distalisation des incisives et d'une diminution du surplomb à condition qu'il n'y ait pas de contact entre les incisives supérieures et inférieures. Même si les incisives ne sont pas reliées aux canines, elles suivent le mouvement des canines jusqu'au contact avec les incisives inférieures.

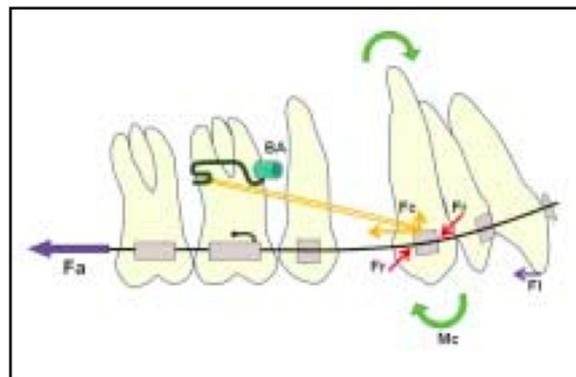


Figure 68 : Recul canin à l'aide d'un ancrage squelettique : le moment exercé sur la canine ne s'annule pas (7)

Cependant, de manière générale, la friction est considérée comme indésirable dans les mécaniques de glissement. Elle pourra être réduite par l'utilisation de boîtiers autoligaturants. En revanche les brackets céramiques ont tendance à l'augmenter.

Du point de vue occlusal, le centre d'application de la force étant situé à distance du centre de résistance de la dent, ceci peut entrainer une rotation méso-vestibulaire de

la canine. Afin de limiter cette rotation, la canine devra être ligaturée de manière serrée à un arc rigide.

De plus, la ligne de force appliquée sur la canine est orientée vers l'extérieur, ce qui entraîne de l'expansion au niveau du segment antérieur.

3) Lorsque les canines sont en classe I, le surplomb résiduel est corrigé par recul incisif à l'aide d'un arc d'ingression de taille .016 x .022 inch en acier inoxydable et de T-loops situés entre canines et incisives.

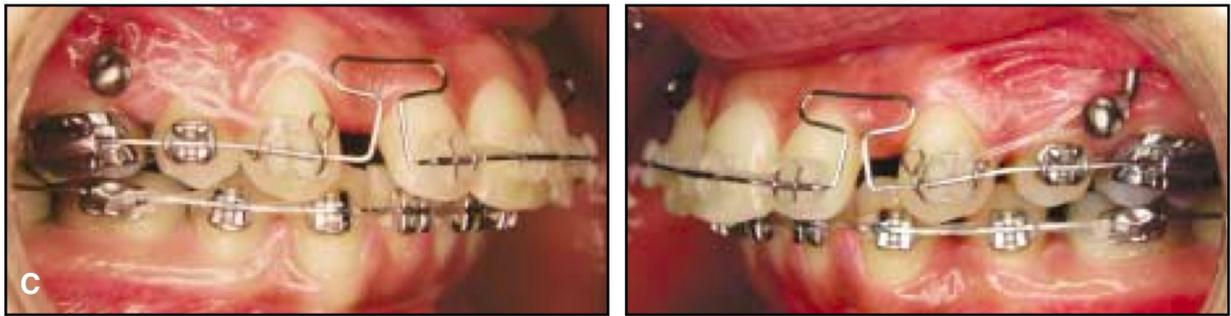


Figure 69 : Recul du bloc incisif à l'aide de T-loop (7)

Selon le principe d'action-réaction, l'ingression et le recul des incisives a tendance à provoquer une égression et une mésialisation des canines. Cependant, l'égression est limitée par le contact avec les canines et les prémolaires antagonistes et l'avancée des secteurs latéraux est annulée par le maintien de la classe I canine à l'aide d'élastiques les reliant au Bollard.

De même l'activation du T-Loop pour la rétraction incisive a tendance à avancer les molaires et à entraîner une rotation de celles-ci autour de leur racine palatine. Pour limiter cette rotation, les molaires sont reliées entre elles à l'aide d'une barre transpalatine. La classe I est maintenue grâce aux élastiques reliant les canines aux Bollard.

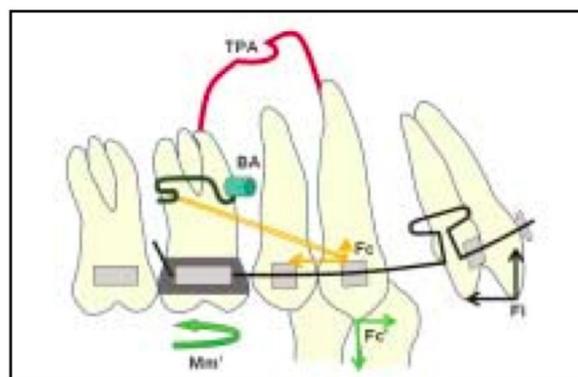


Figure 70 : Contrôle canin et molaire lors du recul du bloc incisif (7)

La barre transpalatine aura aussi pour effet de maintenir la largeur intermolaire. En effet, lors d'un ancrage dentaire, l'élastique utilisé entre la canine et la molaire entraînent une rotation de ces deux dents. Cependant, ces rotations se neutralisent l'une

l'autre ce qui permet de limiter les effets sur l'arc. En revanche, lorsque l'on est en présence d'un ancrage squelettique, la rotation de la canine à tendance à entrainer la partie distale de l'arc vers la ligne médiane, augmentant le risque de cross-bite. L'utilisation d'un arc transpalatin permet ainsi d'éviter la diminution du diamètre inter-molaire.

4) Après correction des décalages sagittaux, l'utilisation d'arcs continus permet d'assurer les étapes de finition.



Figure 71 : Etapes de finitions et photographies endobuccales en fin de traitement (7)

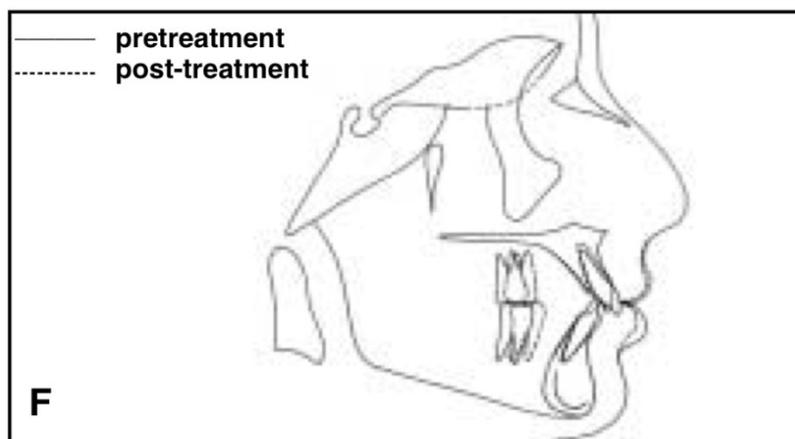


Figure 72 : Superpositions céphalométriques avant et après le traitement (7)

2. Cas Clinique n°3 : Correction d'une malocclusion de classe II sans extraction (8)

Une classe II squelettique chez un patient adulte est souvent corrigée par des compensations dento-alvéolaires après extractions des prémolaires. Les extractions trouvent aussi une indication thérapeutique dans la correction des encombrements antérieurs. Cependant, les extractions des prémolaires pourraient souvent être évitées en reculant le secteur postérieur maxillaire (8).

Le recul des secteurs molaires peut s'effectuer à l'aide de forces extra-orales. Cependant, celles-ci présentent plusieurs inconvénients : elles sont souvent refusées par les patients adultes, leur efficacité dépend de la compliance du patient et leur port étant uniquement nocturne, elles appliquent sur les arcades dentaires des forces discontinues.

Une alternative repose sur l'utilisation d'auxiliaires intrabuccaux comme les arcs transpalatins ou le pendulum de Hildgers mais ceux-ci ont tendance à entraîner une vestibuloversion incisive (20).

Ainsi, l'ancrage squelettique à l'aide de minivis constitue une alternative simple et efficace au traitement des classes II sans extractions. En effet, elles permettent d'assurer le recul des molaires à l'aide de forces douces et continues.

Voici le cas d'une patiente âgée de 19 ans, traitée à l'aide de minivis et sans extractions de prémolaires (8). A l'examen clinique, elle présente une classe II canine et molaire droite, une déviation des milieux, un surplomb et un recouvrement augmentés.



Figure 73 : Photographies des moulages en début de traitement (8)

1) Tout d'abord, les incisives et les molaires sont baguées et un arc rond ou carré de dimension .016 inch est mis en place. Quel que soit l'encombrement ou les problèmes d'alignement au niveau incisif, le déplacement des molaires se fera en première intention. En effet, les incisives sont baguées seulement pour maintenir l'arc et leur alignement sera réalisé en fin de traitement après recul des canines et création de l'espace nécessaire.

Parallèlement, un système Bollard a été mis en place avec trois minivis positionnées au niveau de la crête infra-zygomatique.

- 2) Après nivellement, le recul des molaires peut être initié grâce à :
- Un ressort ouvert (A)
 - Un sectionnel coulissant (B)
 - Un ressort fermé placé sur l'arc entre la canine et le tube molaire et relié au bras du Bollard par un élastique attaché à son extrémité mésiale. (C)



Figure 74 : Différents moyens de recul molaire à partir du système Bollard (8)

Lors du recul des molaires, les canines et les incisives ont tendance à suivre le mouvement de distalisation. En effet, le point d'application de la force de recul appliquée par le ressort sur la molaire se situe à distance de son centre de résistance (situé au niveau de la furcation). Il se crée donc un moment qui pousse la couronne de la molaire distalement provoquant une friction importante du tube sur l'arc. Ainsi, l'arc est déplacé distalement entraînant avec lui le bloc incisivo-canin. Le recul des molaires peut donc s'accompagner d'une réduction du surplomb jusqu'au contact avec les incisives inférieures.

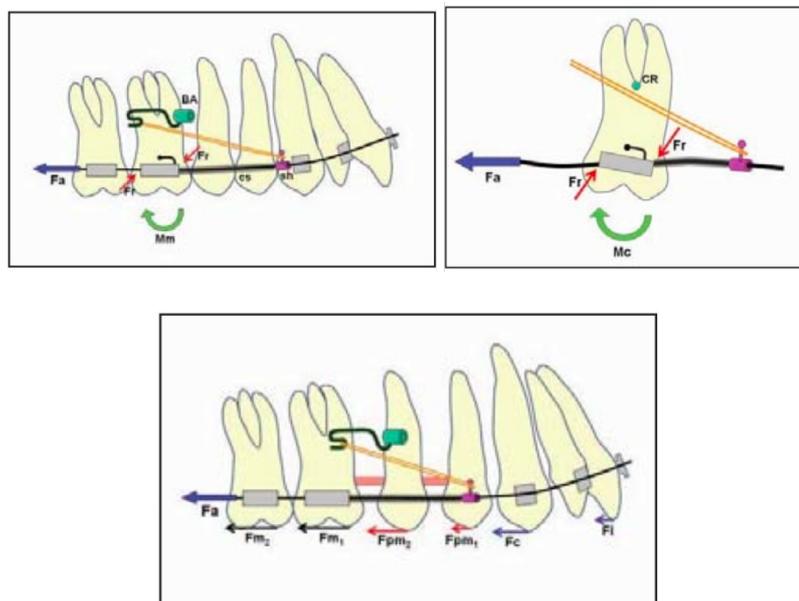


Figure 75 : Le moment créé sur la molaire entraîne sa version corono-distale : l'ensemble de l'arc est entraîné distalement par les forces de friction (8)

De même, lors d'un recul molaire asymétrique, la molaire la plus mésiale sera d'autant plus distalée, entraînant un recul plus important des incisives homolatérales. Il se crée alors une déviation des milieux.

Il est recommandé de distaler simultanément les deux molaires. Leur recul va étirer les fibres desmodontales reliant les molaires aux prémolaires permettant ainsi un déplacement partiel des prémolaires. Les forces de friction pouvant limiter cette distalisation spontanée des prémolaires, celles-ci ne sont baguées que dans un second temps.

D'un point de vue occlusal, le point d'application de la force exercée par le ressort étant situé à distance du centre de résistance de la molaire, celle-ci a tendance à entraîner une rotation de la dent autour de sa racine palatine. Afin de limiter ce mouvement indésirable, la deuxième molaire doit toujours être ligaturée, et il sera réalisé sur l'arc une déformation de type « cinch back » deux ou trois millimètres au delà du tube de la deuxième molaire. Du fait de la distalisation molaire, l'arc devra être remplacé par un arc plus long tous les deux mois environ.

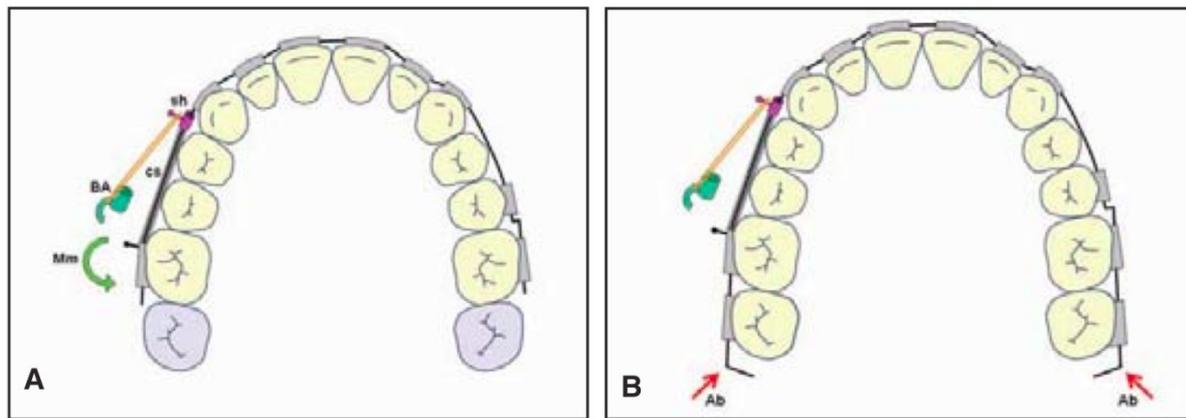


Figure 76 : La rotation disto-palatine de la 1^{ère} molaire est imitée par la prise en charge de la 2^{ème} molaire et par des déformation de 1^{er} ordre (8)

Une autre alternative consiste à reculer simultanément les molaires et les prémolaires par l'intermédiaire d'un ressort reliant le Bollard à un bras situé sur l'arc, en mésial de la première prémolaire. Les canines ne sont pas ligaturées afin de limiter leur rotation. Seuls les ailettes distales des brackets des premières prémolaires sont ligaturées (ligatures métalliques serrées) afin de s'opposer à leur rotation mésio-vestibulaire. En revanche les dents antérieures peuvent être ligaturées avec des ligatures élastomériques pour favoriser la friction.

La force appliquée sur l'arcade par l'intermédiaire des Bollards a tendance à égresser les dents antérieures. Afin de limiter l'augmentation du recouvrement, un arc d'ingression pourra être inséré dans le tube du Bollard et relié à l'arc au niveau des incisives.



Figure 77 : Arc d'ingression associé à la mécanique de recul des dents postérieures (8)

Le recul molaire peut prendre six à neuf mois. Lorsque les molaires sont en classe I, elles seront maintenues en position à l'aide d'un ressort reliant directement le Bollard à la partie mésiale du tube molaire.

3) Toutes les dents sont ensuite ligaturées. Le recul des canines est réalisé à l'aide d'élastiques reliant les plots distaux des brackets à l'extrémité du Bollard. Ce recul permet la fermeture des espaces situés en distal des canines. Pour éviter tout mouvement de rotation, les ligatures devront être serrées afin de plaquer l'arc en fond des gouttières des brackets. Les phénomènes de friction au niveau de la canine peuvent contribuer à réduire le surplomb.

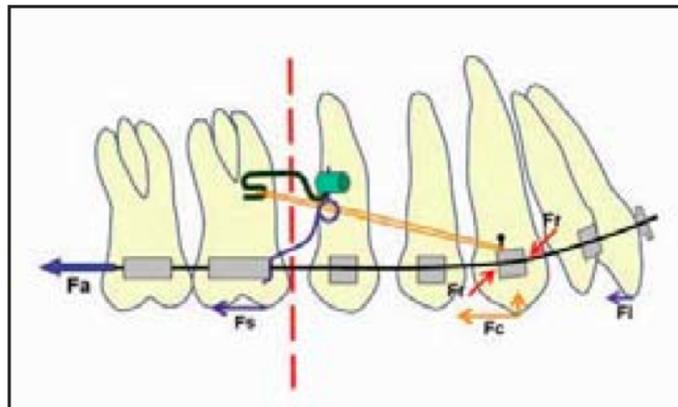


Figure 78 : Recul des canines (8)

4) Lorsque les espaces latéraux sont fermés, le reste du surplomb est corrigé à l'aide d'un arc d'ingression en acier de .016 x .022 inch avec des boucles de fermeture en T.

Afin d'éviter une avancée des secteurs latéraux, les canines sont maintenues en classe I à l'aide d'élastiques les reliant à l'extrémité du Bollard. Dans le sens vertical, l'activation des boucles de fermeture peut entraîner un égression canine mais celle ci est limitée par les contacts avec les dents antagonistes.

Un arc transpalatin peut être mis en place pour éviter la rotation molaire.

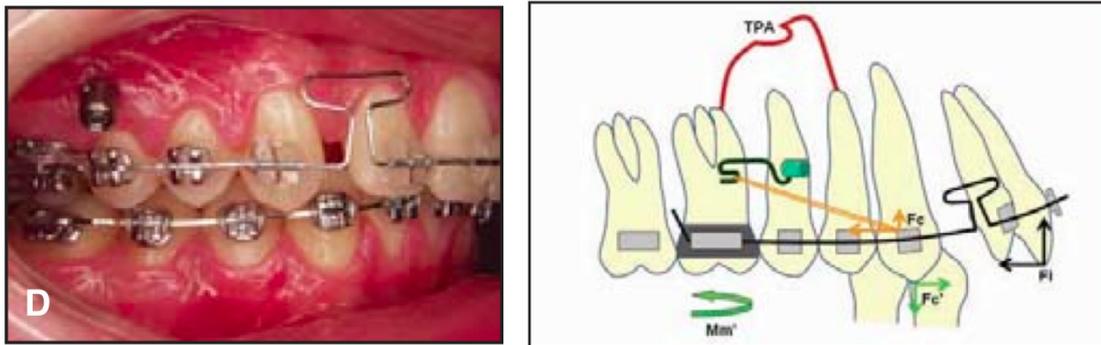


Figure 79 : Recul du bloc incisif (8)

5) Lorsque le surplomb est totalement corrigé, l'arc d'ingression est remplacé par un arc continu de finition.



Figure 80 : Photographies endobuccales en fin de traitement (8)

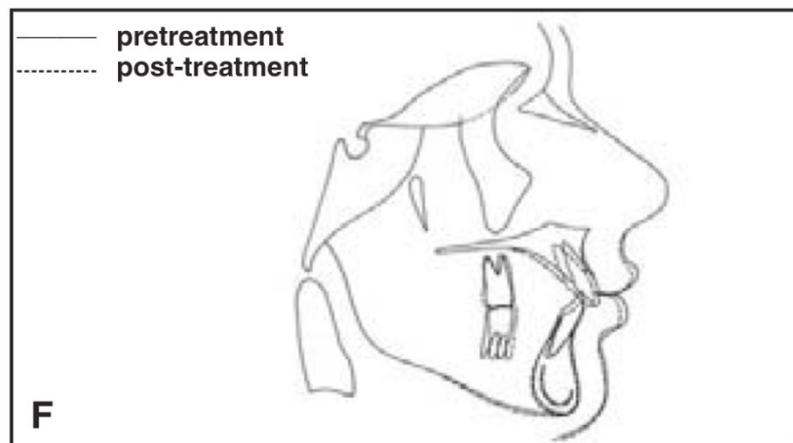


Figure 81 : Superpositions céphalométriques avant et après le traitement (8)

Le recul des dents postérieures à l'aide d'un ancrage squelettique implique de positionner les minivis au delà des racines pour ne pas s'interposer dans le déplacement des dents. L'utilisation du système Bollard présente l'avantage de ne pas créer d'interférences avec les mouvements dentaires, les minivis pouvant être positionnées à distance pour plus de stabilité. De plus, le bras de connexion permet de déplacer le point d'application de la force.

3. Cas Clinique n°4 : Correction d'une malocclusion de classe III (5)

D'après la troisième loi de Newton, tout mouvement orthodontique s'accompagne d'un déplacement de réaction. Ceci peut compliquer la correction de malocclusions à l'aide d'auxiliaires inter-maxillaires notamment lorsque le recul complet d'une arcade dentaire est nécessaire. Lors de la correction non chirurgicale d'une malocclusion de classe III, l'utilisation d'élastiques inter-maxillaires pour reculer l'arcade mandibulaire entraîne souvent des effets indésirables au maxillaire : vestibulo-version des incisives et égression des molaires. Ces effets peuvent avoir des conséquences esthétiques importantes pour le patient (5).

Afin d'éviter ces mouvements parasites, les malocclusions de classe III peuvent être corrigées à l'aide de minivis.

Voici le cas d'une patiente âgée de 23 ans, 5 mois (5). A l'examen clinique elle présente une classe I squelettique avec un léger prognathisme associé à une classe III canine et molaire. La malocclusion est plus sévère à droite avec une déviation du milieu inter-incisif mandibulaire à gauche. Les incisives sont en bout à bout.

La patiente ne souhaite pas d'extractions car elle est satisfaite de son profil.



Figure 82 : Photographies exobuccales et endobuccales au début du traitement (5)

1) Tout d'abord, deux C-implants ont été positionnés entre la seconde prémolaire et la première molaire mandibulaire.

Un arc en Nickel-Titane de diamètre .016 inch est mis en place afin de réaliser le nivellement et le recul des dents postérieures mandibulaires.

Un élastique est positionné entre un sectionnel coulissant et le col de l'implant afin de reculer la deuxième molaire mandibulaire et de corriger l'encombrement antérieur.

Initialement, l'arcade maxillaire n'est pas baguée car le milieu inter-incisif coïncide avec le plan sagittal médian et les incisives sont bien positionnées.



Figure 83 : Recul des secteurs postérieurs mandibulaires et nivellement antérieur (5)

2) Le col de chaque minivis est ensuite relié à l'arc mandibulaire grâce à une ligature élastomérique de taille différente à gauche et à droite afin de corriger la déviation des milieux. La distalisation asymétrique des molaires permet de créer l'espace nécessaire pour le recul ultérieur des dents antérieures.

Cependant, les minivis étant en position apicale, la force exercée par les chainettes à tendance à ingresser les incisives.



Figure 84 : Recul molaire asymétrique et correction de la déviation des milieux (5)

3) Afin de corriger l'infraclusion créée par l'ingression des incisives mandibulaires, l'arc est remplacé par un autre arc Nickel-titane de dimensions .016 x .022 inch puis par un arc en acier inoxydable de .016 x .022 inch avec des boucles de fermeture. Ces arcs auront des déformations permettant l'égression des incisives.

4) Lors du recul des molaires mandibulaires, les molaires maxillaires ont tendance à être extrusées. Pour corriger cette égression, l'arcade maxillaire est équipée et un arc de nivellement et d'ingression molaire est positionné.

Lorsque les molaires sont en classe I, une traction est maintenue entre les molaires mandibulaires et les minivis afin de maintenir leur position.



Figure 85: Les incisives maxillaires sont nivelées et égressées. Les molaires maxillaires sont nivelées et ingressées jusqu'à obtenir une classe I molaire (5)

5) Les boucles de fermeture permettent un recul en masse des dents antérieures mandibulaires. Enfin, un arc continu permet d'assurer les finitions.



Figure 86 : Photographies exo et endobuccales en fin de traitement (5)

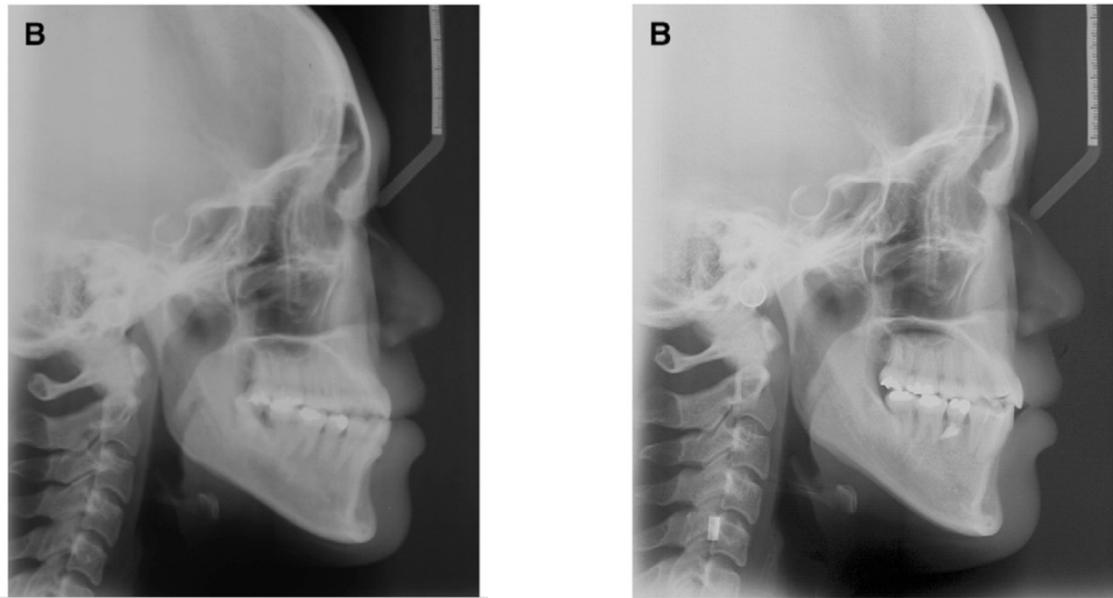


Figure 87 : Téléradiographie de profil avant et après le traitement (5)

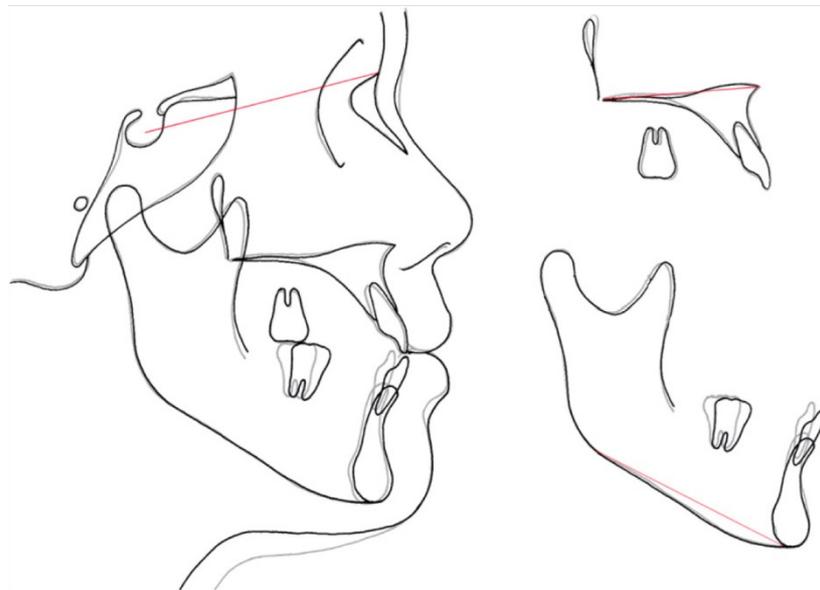


Figure 88 : Superpositions céphalométriques avant (en noir) et après (en gris) le traitement (5)

CONCLUSIONS

L'introduction des minivis a permis d'obtenir un ancrage squelettique plus stable que l'ancrage dentaire. De plus, elles permettent de s'affranchir des auxiliaires d'ancrage conventionnels encombrants et nécessitant la coopération du patient.

En offrant un ancrage quasi absolu, les minivis permettent d'appliquer les forces de déplacements souhaitées tout en évitant l'apparition de mouvements indésirables et incontrôlés.

Cependant, le succès des traitements orthodontiques à l'aide d'un ancrage squelettique passe par une maîtrise de la biomécanique appliquée aux minivis. En effet, le succès des thérapeutiques dépend en grande partie du contrôle de la position des dents déplacées dans les trois dimensions de l'espace.

Que le déplacement des dents se fasse dans la direction sagittale, transversale ou verticale, qu'il concerne les dents antérieures ou postérieures, l'une ou l'autre des arcades, le résultat des forces appliquées devra être anticipé.

De plus, le choix du positionnement de l'ancrage, en vestibulaire ou en palatin, en inter-dentaire ou à distance, devra être discuté par l'orthodontiste avant l'acte chirurgical. Il sera fonction des conditions anatomiques mais surtout de la mécanothérapie mise en place. L'objectif étant d'avoir une direction de force qui soit proche de l'idéal.

Enfin, le choix de la mécanique, qu'elle soit sectionnelle ou continue, que l'ancrage soit direct ou indirect devra être maîtrisé.

Parce qu'elles permettent de réaliser un mouvement proche du mouvement idéal souhaité, les minivis peuvent ouvrir de nouvelles perspectives.

Elles apportent notamment une réponse efficace dans la correction de malocclusions considérées autrefois comme difficiles. Traitées par des techniques conventionnelles, il était fréquent de n'obtenir qu'un compromis thérapeutique. Le recours aux minivis a permis d'apporter de nouvelles solutions.

Enfin, les minivis offrent aujourd'hui une alternative à certains traitements orthodontico-chirurgicaux.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) ALEGRE A. et MEYNAUD P.

Evolution des différentes techniques de correction de la mésioversion de la canine du Shetland.

Thèse d'exercice : Médecine vétérinaire : Toulouse 3 : 2008.

(2) BEQUAIS D.

Réflexion sur le trinôme de De Névrezé.

Collection L'orthopédie française Paris: Société Française d'ODF, 1993.

(3) BONNEFONT R. et GUYOMARD F.

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

Rev Orthop Dento Faciale. 1979 Jan;13(1):5-25.

(4) CHUNG KR, KIM SH, CHOO H, KOOK YA. et COPE JB.

Distalization of the mandibular dentition with mini-implants to correct a Class III malocclusion with a midline déviation.

Am J of Orthod Dentofac Orthop 2010;137(1):135-146.

(5) CHUNG KR, KIM SH, CHAFFEE MP. et NELSON G.

Molar distalization with a partially integrated mini-implant to correct unilateral Class II malocclusion.

Am J of Orthod Dentofac Orthop,2010;138(6):810-819.

(6) DARQUE F. et ELLOUZE S.

The biomechanics of anchorage mini implants: some clinical illustrations.

International Orthodontics 2007 Dec;5(4):357-392.

(7) DE CLERCK H, CORNELIS MA, HEYMANN GC. et TULLOCH CJ.

Orthopedic traction of the maxilla with miniplates: a new perspective for treatment of midface deficiency.

J Oral Maxillofac Surg. 2009;67(10):2123-2129.

(8) DE CLERCK H et CORNELIS MA.

Biomechanics of Skeletal Anchorage : Part 3 Intrusion.

J Clin Orthod 2008;42(5):270-278.

(9) DE CLERCK H et CORNELIS MA.

Biomechanics of Skeletal Anchorage : Part 2 Class II extraction Treatment.

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

(10) DE CLERCK H et CORNELIS MA.

Biomechanics of Skeletal Anchorage : Part 2 Class II Nonextraction Treatment.

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

(11) DE CLERCK H, GEERINCKX V. et SICILIANO S.

The Zygoma Anchorage System.

J Clin Orthod 2002; 36(8):455-459.

(12) ELLOUZE S.

Mini-implants : bousculer les limites de l'orthodontie traditionnelle.

Orthod Fr 2008;79(1):59-66.

(13) JUNG MH et KIM TW.

Biomechanical considération in treatment with miniscrew anchorage. Part 1 : The sagittal plane.

J Clin Orthod 2008;42(2):79-83.

(14) JUNG MH et KIM TW.

Biomechanical considération in treatment with miniscrew anchorage. Part 1 : The horizontal and transverse planes.

J Clin Orthod 2008;42(3):144-148.

(15) JUNG MH et KIM TW.

Treatment with miniscrew Anchorage. Part 3 : clinical cases.

J Clin Orthod 2008;42(6):329-337.

(16) KURODA S, SAKAI AY, TAMAMURA BN, DEGUCHI BT. et TAKANO-YAMAMOTOD T.

Treatment of severe anterior open bite with skeletal anchorage in adults: Comparison with orthognathic surgery outcomes.

Am J Orthod Dentofac Orthop,2007;132(5):599-605.

(17) LANGLADE M.

Thérapeutique orthodontique. 3eme éd.

Paris: Maloine, 1986.

(18) LEE JS, KIM JK, PARK YC et coll.

Applications cliniques des mini-implants en orthodontie.

Paris: Quintessence International, 2008.

(19) LIMA ARAUJO LH, ZENOBIO EG, PACHECO W, COSSO MG, MANZI FR. et SHIBLI JA.

Mass retraction movement of the anterior upper teeth using orthodontic mini-implants as anchorage.

Oral Maxillofac Surg. 2011 Jan 28.

(20) LUDWIG B, BAUMGAERTEL S, BOWMAN SJ et coll.

Mini-implants in orthodontics-Innovative anchorage concepts.

Quintessence Pub Co, 2008.

(21) MASSIF L et FRAPIER L.

Utilisation clinique des minivis en orthodontie.

Encycl Med Chir (Paris), Odontologie/Orthopédie dentofaciale, 23-492-A-17, 2006, 8.

(22) PARK HS.

The skeletal cortical anchorage using titanium microscrew implants.

Kor J Orthod 1999;29(6):699-705.

(23) PARK HS.

A new portocol of the sliding mecanics with micro implant Anchorage (MIA).

Kor J Orthod 2000;30(6):677-685.

(24) PARK HS, BAE SM, KYUNG HM. et SUNG JH.

Micro-implant anchorage for treatment of skeletal class I bialveolar protrusion.

J Clin Orthod 2008;35(7):417-422.

(25) PEDERSEN E, LSIDOR F, GJESSING P, ANDERSEN K.

Location of centers of resistance for maxillary anterior teeth measured on human autopsy material.

Eur. J. Orthod. 1991;13(6):65-74 et 452-457.

(26) TEUSCHER U.

An apparaisal of growth and réaction to extraoral Anchorage.

Am J Orthod Dentofac Orthop 1986;89(2):113-121.

(27) SCHUDY FF.

The rotation of the mandibule from growth : its implication in orthodontics treatment.

Angle Orthod 1965;35:36-50.

(28) UPADHYAY M, YADAV S, NAGARAJ K. et PATIL S.

Treatment effects of mini-implants for en-masse rétraction of antérieur teeth in bialveolar dental protrusion patients : a randomized controlled trial.

Am J Orthod Dentofac Orthop 2008;134(1):18-29.e.1.

(29) VION PE

Biomécanique-Notions fondamentales, applications à la technique segmentée de Ricketts.

Les fascicules de l'orthodontie, 2000.

(30) DEGUCHI T, KURODA S, SUGAWARA Y. et coll.

Clinical use of miniscrew implants as orthodontic anchorage: Success rates and postoperative discomfort.

Am J Orthod Dentofac Orthop 2007;131(1):9-15.

(31) FAURE J.

Biomécanique orthodontique.

Paris: SID, 2011.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

	11
Figure 1 : Forces d'action et de réaction égales et de sens opposé ($F_1=F_2$) (21).....	11
Figure 2 : Résistance au déplacement de l'unité d'ancrage ($F_1=F_2$) (21).....	12
Figure 3 : Ancrage direct par minivis ($F_1=F_2$) (21).....	12
Figure 4 : Ancrage indirect par minivis ($F_1=F_2$) (21).....	12
Figure 5 : Synthèse des effets biomécaniques lors de la phase de rétraction en fonction de la hauteur des crochets antérieurs (incorporation d'une courbe de Spee accentuée) (6).....	17 18
Figure 6 : Biomécanique des effets transversaux (6).....	17
Figure 7 : Synthèse biomécanique lors de la phase de rétraction incisivo- canine en fonction de la hauteur des crochets antérieurs (incorporation d'une courbe de Spee accentuée dans l'arc) (6).....	19 20
Figure 8 : Biomécanique des effets transversaux (6).....	19
Figure 9 : L'extrusion des dents maxillaires retenues a tendance à entrainer réciproquement l'ingression des incisives centrales. Le recours aux minivis et à un arc sectionnel permet de maintenir le recouvrement (20).....	23
Figure 10 : L'utilisation d'un ressort en compression permet l'égression des incisives (20).....	23
Figure 11 : Minivis mandibulaires bilatérales pour s'opposer à l'avancée des incisives lors de la correction d'une classe II à l'aide de biellettes de Herbst (20).....	24 25
Figure 12 : Différents types d'ingression en fonction du point d'application de la force.....	26
Figure 13 : Positionnement des minivis pour appliquer des forces directes (18).....	26
Figure 14 : Différents types d'égression en fonction du point d'application de la force (18).....	27
Figure 15 : Rétraction antérieure à l'aide de minivis par une mécanique de glissement (a) ou par une mécanique sectionnelle (b) (18).....	28
Figure 16 : Les différents vecteurs de force en fonction du positionnement de la minivis lors de la rétraction antérieure maxillaire (18).....	29
Figure 17 a et b : Maintien du plan d'occlusion maxillaire (a) ou mandibulaire (b) lors de la rétraction du bloc incisivo-canin à l'aide de minivis positionnées à hauteur moyenne (18).....	29
Figure 17 c et d : Modification de l'orientation du plan d'occlusion maxillaire (c) et mandibulaire (d) lors de la rétraction du bloc incisivo-canin à l'aide de minivis positionnées en gingival (18).....	30
Figure 17 e et f : Modification de l'orientation du plan d'occlusion maxillaire (e) et mandibulaire (f) lors de la rétraction du bloc incisivo-canin à l'aide de minivis positionnées en apical (18).....	30
Figure 18 : Association de deux minivis postérieures pour la rétraction et de deux minivis antérieures pour l'ingression (18).....	31
Figure 19 : Lors de l'extraction des prémolaires, la forme de l'arcade doit être modifiée en fonction de l'importance de la rétraction (18).....	32 33
Figure 20 : Une flexion verticale de l'arc peut survenir avec un arc peu rigide (18).....	33
Figure 21 : Un bowing vertical peut se produire même avec les minivis (18).....	34
Figure 22 : Une flexion de l'arc peut s'observer dans le sens transversal (18).....	35
Figure 23 : Correction d'une déviation des milieux (18).....	36
Figure 24 : Rétraction antérieure en technique linguale (20).....	37
Figure 25 : Recul canin en technique vestibulaire (20).....	37

Figure 26 : Renforcement d'ancrage dans le plan horizontal des dents postérieures à l'aide de minivis (20)	39
.....	39
Figure 27 : Renforcement d'ancrage dans le plan vertical des dents postérieures à l'aide de minivis (20).....	41
Figure 28 : Plan de traitement pour le plan d'occlusion : ingression parallèle (a) ou non parallèle (b) (18).....	42
Figure 29 : Considérations biomécaniques pour le contrôle de premier et troisième ordre (18).....	43 44
Figure 30 : Ingression molaire à l'aide du système Bollard (8).....	44
Figure 31 : Ingression molaire unilatérale à l'aide de trois minivis (20).....	45
Figure 32 : Ingression molaire bilatérale (20).....	45
Figure 33 : Ingression molaire à l'aide de quatre minivis (20).....	45
Figure 34 : Ingression molaire à l'aide d'un ancrage squelettique indirect et de boucles en L (18).....	46
Figure 35 : A, implants utilisés comme ancrage squelettique ; B, illustration schématique de l'ingression molaire ; C-E, photographies intra-orales au départ de l'ingression molaire, après 3 mois puis à la fin de l'ingression (16).....	48 48
Figure 36 : Le redressement de l'axe d'une molaire peut se faire de trois façons (18).....	48
Figure 37 : Techniques de redressement molaire à l'aide de minivis positionnées sur la crête édentée (20).....	49
Figure 38 : Technique de redressement molaire avec une minivis positionnée distalement (20).....	49
Figure 39 : Technique de redressement molaire à l'aide de minivis positionnées mésialement (20).....	50
Figure 40 : Méthode permettant un redressement molaire associé à une ingression afin de limiter les interférences occlusales (11).....	52
Figure 41 : Méthodes permettant de contrôler les rotations de premier ordre lors de la protraction molaire (18).....	52 53
Figure 42 : Inclinaison du plan d'occlusion lors de la rétraction molaire (18).....	54
Figure 43 : Méthode de contrôle vertical et sagittal lors de la rétraction molaire (18).....	54
Figure 44 : Rétraction molaire à l'aide de deux minivis situées en interdente du côté palatin (20).....	54 56
Figure 45 : Rétraction molaire à l'aide d'un ancrage squelettique indirect (20).....	57
Figure 46 : Distalisation molaire à l'aide d'une minivis située en médio-palatin (20).....	58
Figure 47 : Distalisation molaire à l'aide d'un ancrage squelettique indirect (20).....	58
Figure 48 : Modification de la forme d'arcade lors de la distalisation molaire par mécanique segmentaire (18).....	58 59
Figure 49 : Recul dent par dent à l'aide d'une mécanique sectionnelle (18).....	59
Figure 50 : Recul dent par dent à l'aide d'une mécanique continue (18).....	60
Figure 51 : Recul en masse à l'aide d'un ancrage indirect (18).....	61
Figure 52 : Expansion palatine rapide avec deux minivis servant d'ancrage (20).....	61
Figure 53 : Minivis remplaçant une dent lors d'une expansion palatine (20).....	62
Figure 54 : Constriction de l'arcade à l'aide d'une minivis médio-palatine (20).....	63
Figure 55 : Correction d'un inversé d'articulé à l'aide d'un ancrage implantaire (18).....	63
Figure 56 : Correction d'une malposition isolée d'une molaire maxillaire à l'aide de minivis (20).....	64
Figure 57 : Correction d'une malposition isolée d'une molaire mandibulaire à l'aide de minivis (20).....	64

Figure 58 : Photographies endobuccales et radiographie panoramique avant le traitement (4).....	67 68
Figure 59 : Schéma du C-implant (4).....	
Figure 60 : Photographies endobuccales et radiographie panoramique en cours de traitement (4).....	69
Figure 61 : Photographies occlusales maxillaires au cours du traitement : un arc transpalatin permet de renforcer l'ancrage lors du recul molaire asymétrique (4).....	70
Figure 62 : Photographies endobuccales et radiographie panoramique en fin de traitement (4).....	70 72
Figure 63 : Photographies des moulages avant le début du traitement (7).....	
Figure 64 : Nivellement de l'arcade maxillaire après extraction des premières prémolaires : seules une incisives sur deux est ligaturée (7).....	72 73
Figure 65 : Arc d'ingression associé au recul canin (7).....	73
Figure 66 : Version corono-distale de la canine lors de son recul (7).....	
Figure 67 : Recul canin à l'aide d'un ancrage dentaire : les deux moments s'annulent (7)	74
Figure 68 : Recul canin à l'aide d'un ancrage squelettique : le moment exercé sur la canine ne s'annule pas (7).....	74 75
Figure 69 : Recul du bloc incisif à l'aide de T-loop (7).....	75
Figure 70 : Contrôle canin et molaire lors du recul du bloc incisif (7).....	76
Figure 71 : Etapes de finitions et photographies endobuccales en fin de traitement.....	76
Figure 72 : Superpositions céphalométriques avant et après le traitement (7).....	77
Figure 73 : Photographies des moulages en début de traitement (8).....	78
Figure 74 : Différents moyens de recul molaire à partir du système Bollard (8).....	
Figure 75 : Le moment crée sur la molaire entraîne sa version corono-distale : l'ensemble de l'arc est entraîné distalement par les forces de friction (8).....	78
Figure 76 : La rotation disto-palatine de la 1 ^{ère} molaire est limitée par la prise en charge de la 2 ^{ème} molaire et par des déformations de 1 ^{er} ordre (8).....	79
Figure 77 : Arc d'ingression associé à la mécanique de recul des dents postérieures (8)	80 80
Figure 78 : Recul des canines (8).....	81
Figure 79 : Recul du bloc incisif (8).....	81
Figure 80 : Photographies endobuccales en fin de traitement (8).....	81
Figure 81 : Superpositions céphalométriques avant et après le traitement (8).....	83
Figure 82 : Photographies exobuccales et endobuccales au début du traitement (5).....	
Figure 83 : Recul des secteurs postérieurs mandibulaires et nivellement antérieur (5)	84 84
Figure 84 : Recul molaire asymétrique et correction de la déviation des milieux (5).....	
Figure 85: Les incisives maxillaires sont nivellées et égressées. Les molaires maxillaires sont nivellées et ingressées jusqu'à obtenir une classe I molaire (5)	85 85
Figure 86 : Photographies exobuccales et endobuccales en fin de traitement (5).....	86
Figure 87 : Téléradiographies de profil avant et après le traitement (5).....	
Figure 88 : Superpositions céphalométriques avant (en noir) et après (en gris) le traitement (5).....	86

ANNEXES

Copie du mail envoyé au Dr H. De Clerck (www.hugodeclerck.net/contact.htm)

Dear Sir

I am currently completing dental residency Year 2 and CESMO Year 1.

My thesis focuses on biomechanics applied to orthodontic treatments performed with the use of bone screws.

I have consulted several of your articles to conduct this study and to buttress the argumentation.

I would respectfully request your permission to build on some of your clinical cases to illustrate the thesis.

Also, please allow me to express my admiration to the quality of your work and articles. While still a junior in orthodontics, they gave me a better understanding of how to apply biomechanics especially with Bollard miniplates.

Yours sincerely,

L. REBUFFET

FICHES RECAPITULATIVES

DEPLACEMENTS ANTERO-POSTERIEURS ET VERTICAUX			
INCISIVES			
	Nbr	Position des minivis	Indications
Renforcement d'ancrage	1	Médio-palatine	- incisives maxillaires - dents sollicitées dans la direction A-P* - croissance terminée
	2	Médio-palatines ou de part et d'autre de la suture palatine	- incisives maxillaires - dents sollicitées dans la direction A-P* - plusieurs dents sollicitées de façon symétrique - de part et d'autre quand individu encore en croissance
	1	Vestibulaire en inter-incisif	- incisives maxillaires et mandibulaires - dents sollicitées dans la direction verticale
	1 de chaque côté	Vestibulaires entre PM2 et M1*	- incisives mandibulaires - dents sollicitées dans la direction A-P* - limite la vestibulo-version liée à l'utilisation de FIM II* ou de bielles
Ingression	1	Vestibulaire entre les IC maxillaires*	- classe II division 2 - risque de vestibulo-version
	1 de chaque côté	Vestibulaires en mésial des Ca*	- ingression de tout le bloc incisif - contrôle de l'axe des Ca*
	1 de chaque côté	Vestibulaires en distal des Ca*	- ingression et rétraction du bloc antérieur
	3	Vestibulaires entre les IC et entre Ca et PM1*	- ingression et rétraction - contrôle des mouvements parasites sur les PM et les M*
	1	Variable	- ingression asymétrique
Egression	1	Vestibulaire entre les IC*	- associée à un ressort
	1 de chaque côté	Vestibulaires entre IC et IL*	- associée à un ressort
	1 ou 2	Palatines en interdentaire	- position identique qu'en vestibulaire - associée à un ressort

DEPLACEMENTS ANTERO-POSTERIEURS ET VERTICAUX			
INCISIVES			
	Nbr	Position des minivis	Indications
Rétraction antérieure	1 de chaque côté	Vestibulaires entre PM et M1*	- mécanique vestibulaire - potence en mésial ou distal des Ca* - mécanique sectionnelle pour éviter de bloquer l'arc - minivis en gingival quand défaut de recouvrement et apicale quand excès
	2 de chaque côté	Vestibulaires et palatines entre PM et M1*	- mécanique linguale
	1 ou 2	Médio-palatine ou de part et d'autre de la suture palatine	- mécanique linguale - reliées directement à la Ca* par un ressort ou une potence
	1 ou 2	Idem	- mécanique linguale - ancrage indirect : fixé sur l'arc transpalatin reliant les molaires. Cet arc est relié par des ressorts à un arc reliant les Ca* entre elles
CANINES			
Rétraction	1 de chaque côté	Vestibulaires entre PM et M*	- mécanique vestibulaire - reliées par un ressort, soit directement sur la Ca* soit par une potence - Ca* baguée seule ou sectionnel
	1 seule ou 1 de chaque côté	palatine en interdentaire ou médio-palatine	- mécanique linguale
DENTS POSTERIEURES			
Renforcement d'ancrage	1 de chaque côté	Vestibulaires en distal des M*	- dents sollicitées dans la direction A-P* (limite la dérive mésiale)
	2 de chaque côté	Vestibulaires et palatines en distal des M*	- dents sollicitées dans la direction A-P* (limite dérive mésiale)
	2 de chaque côté	Vestibulaires et palatines entre PM2 et M1*	- dents sollicitées dans la direction A-P* (limite dérive mésiale) - les minivis palatines peuvent être reliées à un arc transpalatin reliant les M entre elles
	1 ou 2	Médio-palatine ou de part et d'autre de la suture	- dents sollicitées dans la direction A-P* ou verticale (limite la dérive mésiale ou la bascule) - les minivis sont reliées à une barre transpalatine
	1 de chaque côté	Vestibulaires entre PM2 et M1*	- dents sollicitées dans la direction verticale (limite la bascule M*)

DEPLACEMENTS ANTERO-POSTERIEURS ET VERTICAUX			
DENTS POSTERIEURES			
	Nbr	Position des minivis	Indications
Ingression	1 de chaque côté	En vestibulaire des M*	- associée à du torque radiculo-vestibulaire ou à une constriction de l'arcade pour limiter la vestibulo-version
	3 de chaque côté	Crête infra-zygomatique	- 3 minivis fixent une miniplaque dont le bras se retrouve à hauteur de la dent - la miniplaque est associée à un système de bras horizontal+vertical parallèle à l'axe de la dent+ressorts
	3 de chaque côté	2 vestibulaires de part et d'autre de la M* et 1 palatine entre PM2 et M1*	- minivis reliées à la dent par des ressorts
	5	2 vestibulaires de chaque côté de part et d'autre de la dent et 1 médio-palatine	- minivis médio-palatine reliée à la dent par un ressort - permet un meilleur contrôle des forces mais moins confortable
	2 de chaque côté	Vestibulaires de part et d'autre de la M*	- M* reliées par une barre transpalatine - ingression bilatérale
	2 de chaque côté	Vestibulaires de part et d'autre de la PM*	- ancrage indirect - ingression grâce à des boucles chaussettes entre PM et M*
Egression	2 de chaque côté	Vestibulaires et linguales	- associées à un ressort
Redressement de l'axe molaire	1	Crête édentée en mésial de la M*	- minivis reliée à la dent par un ressort en compression ou un sectionnel en chaussette
	1	En distal de la dent	- minivis reliée à la dent par une chaînette - difficulté d'insertion de la minivis et chaînette tendance à partir avec les forces de mastication
	1	Entre les PM*	- ancrage indirect - PM* reliée à M2* par 1 arc avec du tip forward+ /- arc d'ingression

DEPLACEMENTS ANTERO-POSTERIEURS ET VERTICAUX			
DENTS POSTERIEURES			
	Nbr	Position des minivis	Indications
Mésialisation	1 de chaque côté	Vestibulaires entre PM* voire entre Ca* et PM	- ancrage direct - reliée à la M* par un élastique ou une chaînette +/- une potence
	1 de chaque côté	Palatines entre Ca* et PM*	- ancrage direct - minivis fixées entre elles par un arc relié à une barre transpalatine entre les M* par des ressorts/chaînettes
	1 ou 2 de chaque côté	Vestibulaires de part et d'autre PM	- PM* reliées aux M* par un arc droit+chaînette - ancrage indirect
Distalisation	1 ou 2	Médio-palatine ou de part et d'autre de la suture en distal M*	- reliées aux M* par des ressorts ou des chaînettes - ligne d'action optimale, limite les interférences avec les dents déplacées mais inconfort et étapes de laboratoire
	3	1 Médio-palatine et 1 vestibulaire de chaque côté	- si vouute palatine profonde limite la palato-version
	1 de chaque côté	Palatines en distal M*	- espaces interdentaires plus larges qu'en vestibulaire, mais peut interférer avec le déplacement dentaire et difficile à mettre en place
	1 de chaque côté	Vestibulaires	- pose facile mais interférence possible (déplacement < 2mm)
	1 de chaque côté	Vestibulaires, en distal PM*	- ancrage indirect - minivis en distal PM* servant d'appui au mécanisme de recul de la M*

DEPLACEMENTS TRANSVERSAUX			
	Nbr	Position des minivis	Indications
Expansion maxillaire	2	Part et d'autre de la suture palatine	- associées à un verrin
Constriction de l'arcade	1 ou 2	Médio-palatines	- 1 ou 2 selon si constriction symétrique ou asymétrique - reliées aux M* par potences+chainettes
Occlusion inversée	2	1 vestibulaire et 1 buccale	- 1 en vestibulaire et apical pour la dent à vestibulo-verser - 1 en palatin/lingual pour l'autre dent
Déplacement d'une seule dent	1	Vestibulaire de la PM*	- ancrage indirect - molaires maxillaires ou mandibulaires - déformation de 1 ^{er} ordre pour déplacement transversal de la dent concernée
	2	Vestibulaires ou palatines de part et d'autre de la M*	- molaires maxillaires - minivis reliées à la dent par des élastiques/chainettes
	1 ou 2	Médio-palatines	- molaires maxillaires
	1	Vestibulaire	- molaires mandibulaires - minivis reliées à la dent par des élastiques/chainettes
	2	Vestibulaires à distance	- minivis reliées entre elles et à un bras en extension - permet un meilleur contrôle mais risque d'irritation

*

A-P : antéro-postérieur

Ca : canine

FIM II : forces inter-maxillaires de classe II

IC : incisive centrale

IL : incisive latérale

M : molaire

M1 : première molaire

M2 : deuxième molaire

PM : prémolaire

PM1 : première prémolaire

PM2 : deuxième prémolaire

REBUFFET (Laure) - Approche biomécanique des traitements orthodontiques à l'aide d'un ancrage squelettique – 112f. ; ill. ; tabl. ; 31réf. ; (Thèse : Chir. Dent. ; Nantes 2011).

RESUME

La notion d'ancrage est indissociable de l'orthodontie. Ainsi, le recours aux ancrages squelettiques pour mener à bien un traitement orthodontique est de plus en plus courant. En effet, en offrant un ancrage stable, minivis et miniplaques permettent de satisfaire aux exigences des patients, d'optimiser la qualité de nos traitements et d'apporter des solutions thérapeutiques novatrices.

Cependant, la réussite de tels traitements nécessite une bonne planification et une bonne maîtrise de la biomécanique. En effet, il s'agira de déterminer le type de déplacement à réaliser, ainsi que l'arcade et les dents concernées.

Il incombe alors à l'orthodontiste de planifier le nombre et la position des minivis. Il devra aussi choisir le type de mécanique utilisée : vestibulaire ou palatine, continue ou sectionnelle. Enfin, il devra sélectionner le type de système qu'il souhaite utiliser.

RUBRIQUE DE CLASSEMENT : Orthopédie dento-faciale

MOTS CLES MESH

Procédures d'ancrage orthodontique – Orthodontic anchorage procedures

Appareils orthodontiques – Orthodontic appliances

Biomécanique – Biomechanics

Vis orthopédiques – Bone screws

JURY

Président : Monsieur le Professeur O. Laboux

Directeur : Monsieur le Docteur M. Rouvre

Assesseur : Madame le Docteur M. Houchmand-Cuny

Assesseur : Monsieur le Docteur S. Renaudin