

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

N°



Université Saad Dahleb - Blida 1 -
Faculté de médecine
Département de Médecine Dentaire

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

Intitulé

L'utilisation clinique des mini-vis en orthodontie

Présenté et soutenu publiquement le :

11 juillet 2019

Par :

- Boudoukha Billel
- Bouguerroumi Sofiane
- Boutra Mohammed
- Esselami Abdelkarim
- Guessaymi Sidahmed
- Helal Mohamed

Promoteur : - Dr. T. Barr

Jury composé de :

Président : Dr. A. Kheroua

Examineur : Dr. R. Bennai

REMERCIEMENTS

*En préambule à ce mémoire nous remercions **ALLAH** qui nous a aidé et nous a donné la patience et le courage durant cette année d'étude.*

Nous souhaitons adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette année universitaire.

Ces remerciements vont tout d'abord au corps professoral et administratif de la Faculté de médecine et du département de médecine dentaire, pour la richesse et la qualité de leur enseignement et qui déploie de grands efforts pour assurer à leurs étudiants une formation de qualité.

Nous tenons à remercier sincèrement Monsieur, docteur Barr T, qui, en tant que Directeur de mémoire, était toujours à l'écoute et s'est montré très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi que pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a bien voulu nous consacrer.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

On n'oublie pas nos parents pour leur contribution, leur soutien et leur patience.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui nous ont toujours encouragés au cours de la réalisation de ce mémoire.

Merci à toutes et à tous.

DÉDICACES

Nous dédions ce travail à nos très chers parents qui nous ont couverts de leur amour et de leur tendresse, pour leurs sacrifices et que nous espérons ne jamais décevoir

À la mémoire de ceux qui nous ont quittés.

À nos très chers frères et sœurs qui nous ont toujours aidés.

À nos grands-parents, nos tantes et nos oncles.

À toute la promotion de 6ème année de médecine dentaire 2018/2019 qui a fait preuve de bonne amitié et à qui nous souhaitons tout le bonheur et la réussite.

Spéciale dédicace aux docteur M. Sahraoui, docteur K. Slimi et docteur F. Mahmoudi.

LISTE DES ABRÉVIATION :

2D : Bidimensionnel
3D : Tridimensionnel
AC : Apposition de compensation
ARIF : Activation – Résorption – Inversion – Formation
BHP : Bone Healing Potential
BMU : Basics multicellular unit
CE : Conformité européenne
CI : Classe
CR : Centre de résistance
D : Distance
DDS : Dent de sagesse
Di : Déplacement initial
Eli : Extra Low Interstitials
EM : Espace médullaire
F : Force
FM : Force motrice
H : Hyaline
IZC : Infrazygomatic crest
L : Longueur
LC : Lame cribreuse
M : Moment
MBS : Mini-vis buccal shelf
MEB : Microscopie électronique à balayage
MPa : Méga pascal
N/m² : Newton/mètre²
NO : Nécrose ostéocytaire
Ø : Diamètre
ORL : Oto-rhino-laryngologie
Ri : Résorption indirecte
RLD : Résorption latérale directe
RM : Résistance mobile
RS : Résistance stable
SAS : Skeletal Anchorage Systems
SFODF : Société française d'orthopédie dento-faciale
SIDA : Syndrome d'immunodéficience acquise
TAD'S : Skeletal Temporary Anchorage Devices
TCP : Titane commercialement pur
Ti-6Al-4V : 90 % de titane, 6% d'aluminium et 4% de vanadium
TIM : Traction intermaxillaire
VIH : Virus d'immunodéficience humain

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION :	9
PREMIÈRE PARTIE : L'ANCRAGE EN ORTHODONTIE	10
CHAPITRE 1 : NOTIONS GÉNÉRALES	11
1. Définitions :	12
2. Rappel anatomique :	13
2.1. Architecture et organisation du tissu osseux :	13
2.2. Les caractéristiques mécaniques du tissu osseux :	15
2.3. Evaluation de la quantité et de la qualité osseuse :	16
CHAPITRE 2 : BIOMÉCANIQUE APPLIQUÉE AU DÉPLACEMENT DENTAIRE 18	
1. Biologie du déplacement dentaire :	19
1.1. Remaniement tissulaire physiologique :	19
1.2. Remaniement tissulaire thérapeutique :	20
2. Bases de la biomécanique :	23
2.1. Caractéristiques de la force orthodontique :	23
2.2. Centre de résistance :	24
2.3. Moment d'une force :	26
2.4. Centre de rotation :	27
2.5. Couple de forces :	27
3. Les différents types de déplacement orthodontiques :	28
4. Notions d'ancrage orthodontique :	30
4.1. La troisième loi de Newton :	30
4.2. Trinôme de De Nevrézé :	31
CHAPITRE 3 : LES DIFFÉRENTS TYPES D'ANCRAGE ORTHODONTIQUE 32	
1. Ancrage buccal conventionnel :	33
1.1 Ancre biologique passif (naturel) :	33
1.1.1. Ancre alvéolo-dentaire :	33
1.1.2. Ancre musculaire :	34
1.1.3. Ancre cortical :	34
1.2. Ancre orthodontique actif :	34
1.2.1. Ancre orthodontique extra oral :	34
1.2.2. Ancre orthodontique intra oral :	35
2. Les différentes ancrages cliniques :	37
2.1. Ancre simple :	37
2.2. Ancre modéré :	37
2.3. Ancre maximum :	37
2.4. Ancre absolu :	37
2.4.1. Dents ankylosées :	38
2.4.2. Implants dentaires :	38
2.4.3. Implants à visée d'ancrage orthodontique :	38
2.4.4. Ligatures métalliques de Melsen :	39
2.4.5. Systèmes d'ancrage squelettiques :	39
DEUXIÈME PARTIE : L'ANCRAGE PAR MINI-VIS	41
CHAPITRE 1 : GÉNÉRALITES	42

1. Historique :	43
2. Description :	44
2.1. Terminologie :	44
2.2. Morphologie :	44
2.2.1. Tête :	45
2.2.2. Col :	46
2.2.3. Corps :	46
2.2.4. Pointe :	47
2.3. Dimensions :	47
2.3.1. Longueur :	47
2.3.2. Diamètre :	48
2.4. Matériaux :	48
2.4.1. Titane :	48
2.4.2. Acier :	49
2.4.3. Biomatériaux résorbables :	49
2.5. État de surface :	50
3. Ancillaire et consommables :	50
4. Conditionnement :	51
5. Cahier des charges :	52
5.1. Impératifs mécaniques :	52
5.2. Impératifs biologiques :	52
5.3. Impératifs pratiques :	53
6. Les systèmes disponibles sur le marché algérien :	56
CHAPITRE 2 : L'UTILISATION CLINIQUE DES MINI-VIS	54
1. La biomécanique des mini-vis :	55
1.1. Le positionnement vertical des Mini-vis :	55
1.2. Longueur du crochet d'activation :	55
1.3. Action des arcs :	56
1.4. Contrôle globale des arcades :	56
1.5. Ancrage direct/indirect :	58
2. Sites d'insertion :	58
2.1. Considérations anatomiques :	59
2.1.1. Au maxillaire :	59
2.1.2. À la mandibule :	62
2.2. L'apport de la radiographie :	64
2.2.1. Panoramique dentaire :	64
2.2.2. Bilan rétro-alvéolaire :	64
2.2.3. La tomodensitométrie :	65
2.2.4. La tomographie volumique par faisceau conique (Cône Beam) :	66
2.3. Les différents sites d'insertion :	67
2.3.1. Les sites d'insertions inter radiculaire :	67
2.3.2. Sites d'insertions extra radiculaire :	72
3. Les mouvements orthodontiques envisagés :	77
3.1. Mouvements antéro-postérieurs :	77
3.1.1. Distalisation :	77
3.1.2. Mésialisation :	86

3.1.3. Redressement d'axe d'une molaire :.....	88
3.2. Mouvements verticaux :.....	89
3.2.1. Ingression :.....	89
3.2.2. Égression :.....	95
3.3. Mouvements transversaux :.....	96
3.3.1. Déplacement transversal d'une seule dent :	97
3.3.2. Expansion maxillaire :	98
3.3.3. Constriction de l'arcade :.....	99
3.3.4. Correction de l'occlusion inversée :.....	99
3.3.5. Correction d'un décalage des milieux inter-incisifs :.....	99
CHAPITRE 3 :_PROTOCOLE CLINIQUE	101
1. La pose :	102
1.1. Entretien avec le patient et examen clinique :	102
1.2. Repérage radiographique du site d'implantation :.....	102
1.3. Utilité d'un guide d'insertion :.....	102
1.4. Protocole opératoire d'insertion :.....	103
1.4.1. Asepsie et Anesthésie de surface :.....	103
1.4.2. Choix de la longueur du col :.....	103
1.4.3. Pré-forage :.....	104
1.4.4. Insertion de la vis :	104
1.4.5. Contrôle radiographique et de la stabilité primaire :.....	105
1.4.6. Prescription et soins post-opératoire :.....	105
2. La mise en charge :	105
3. La dépose :	105
4. Critères de pérennité :	106
4.1. Facteurs liés à l'hôte :.....	106
4.2. Facteurs liés à l'opérateur (iatrogène) :	106
4.3. Facteurs implantaires :	106
5. Complications :	107
5.1. Contraintes liées au patient :	107
5.1.1. Contraintes locales :.....	107
5.1.2. Contraintes générales :.....	108
5.2. Mobilité et désinsertion de la mini-vis :	109
5.3. Fracture de la mini-vis :	109
5.4. Infection :.....	110
5.5. Lésions radiculaires :.....	110
5.6. Lésions neurologiques :.....	110
5.7. Lésions vasculaires :	111
5.8. Effraction sinusienne ou nasale :.....	111
5.9. Recouvrement de la mini-vis par les tissus mous :.....	111
5.10. Lésion des tissus environnants :.....	112
6. Contre-indications :	112
6.1. Contre-indications générales :.....	112
6.1.1. Contre-indications générales absolues :	112
6.1.2. Contre-indications générales relatives :	112
6.2. Contre-indications locales :	113
6.2.1. Contre-indications locales définitives :.....	113

6.2.2. Contre-indications locales temporaires :	113
TROISIÈME PARTIE	114
CAS CLINIQUES	114
Cas clinique n°1 : (Dr. Diego Peydro Herrero, Espagne)	115
Cas clinique n°2 : (Dr. Sada Garralda, Espagne).....	118
Cas clinique n°3 : (Dr. Ming-Jen Chang, Taïwan)	121
CONCLUSION :.....	124
LISTE DES FIGURES :	126
BIBLIOGRAPHIE :	131

INTRODUCTION :

Mettre en œuvre des déplacements dentaires contrôlés dans les trois dimensions de l'espace avec un minimum d'effets indésirables est l'une des clés de la réussite en orthodontie.

Le développement des ancrages osseux « absolus » a bousculé les concepts de la discipline, permettant de dépasser les limitations dues à l'ancrage, de s'affranchir de la coopération du patient et de proposer de nouvelles options thérapeutiques.

Le recours aux mini-vis 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 de 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 anomalies du sens vertical).

Ainsi la maîtrise des bases de la biomécanique associées aux mini-vis permettrait d'obtenir un déplacement dentaire proche de l'idéal.

La première partie de ce mémoire est consacrée à des rappels sur l'anatomie, les principes de la biomécanique appliquée aux mouvements dentaires et le concept d'ancrage en orthodontie.

La seconde partie s'intéresse aux mini-vis, elle décrit leur utilisation clinique en expliquant leur biomécanique, leurs différents sites d'insertion et les mouvements orthodontiques envisagés. Enfin, nous aborderons les différentes étapes du protocole opératoire de leur mise en place.

La troisième partie est réservée aux cas cliniques traités par mini-vis.

PREMIÈRE PARTIE

L'ANCRAGE EN ORTHODONTIE

CHAPITRE 1

NOTIONS GÉNÉRALES

1. Définitions :

ARCHIMÈDE disait : " Donnez-moi un point d'appui et je soulèverai l'univers ".

En orthodontie, la maîtrise, dans toutes les situations, du déplacement dentaire revêt une importance capitale. Elle est en effet présente à l'esprit de tout clinicien soucieux de réussir son traitement. Cette notion s'appuie et s'associe au principe de « l'ancrage » puisque toutes les techniques orthodontiques classiques ou conventionnelles en ont fait un principe de base ; et présentent toutes une étape appelée « préparation d'ancrage », **ROOT** a dit : " Il faut penser à l'ancrage avant de déplacer les dents ".

Selon Larousse, l'ancrage est un terme de marine du XVe siècle qui évolue au XIXe siècle pour devenir plus général et définir le principe « d'attacher à un point fixe ». La **SFODF** stipule que l'ancrage est un élément stable ou fixe pouvant servir de point d'appui lors de l'application de systèmes de force.

LANGLADE définit l'ancrage orthodontique comme une résistance d'un corps au déplacement, qui est représenté en biomécanique orthodontique par « la résistance stable ». Cet ancrage peut être utilisé à partir de nombreuses sources différentes telles que les dents, l'os, les implants ou l'appui extra-oral.

Le contrôle de l'ancrage peut devenir une véritable préoccupation difficile à gérer et peut hypothéquer le succès du traitement, par conséquent, il faut respecter la troisième loi de **NEWTON** " chaque action a une réaction égale et opposée ". Donc lors de l'application d'une force orthodontique il faut d'abord assurer un ancrage fiable et résistant à la réaction de cette force. L'utilisation de cet ancrage permet d'éviter un mouvement dentaire spécifique non souhaité et la dure réalité qu'est « la perte d'ancrage ».

- **Histoire d'ancrage orthodontique :**

Pendant longtemps, les moyens d'ancrage à disposition de l'orthodontie furent limités à l'ancrage intra-buccal, utilisant le plus grand nombre possible de dents dans l'entité d'ancrage.

Lorsque la capacité d'ancrage intra-buccale était dépassée par les besoins d'un traitement plus complexe, l'orthodontie avait recours à un ancrage extra-buccal, sous la forme de bandeau et d'arcs.

Cependant, le risque de mobilisation des unités d'ancrage est fréquent. Il n'est pas rare pour l'orthodontiste de passer plus de temps à la correction des effets secondaires du traitement qu'au traitement lui-même.

L'application des principes de l'ostéointégration à l'orthodontie a permis l'utilisation des implants comme pilier d'ancrage pour tracter des dents ou un groupe de dents. Ainsi, l'orthodontie se sert des implants comme ancrage squelettique pour repositionner des dents et modifier les arcades dentaires dans leur forme et leur rapport.

Plusieurs méthodes ont été proposées pour réaliser des mouvements orthodontiques complexes et pour lutter contre les mouvements secondaires indésirables des unités d'ancrage :

- L'ancrage supplémentaire intra-buccal et/ou extra-buccal.
- L'ancrage squelettique.

L'ancrage intra-oral supplémentaire consiste à associer davantage de dents, cependant le nombre de dents résiduelles à disposition est souvent limité. L'ancrage extra-oral consiste à prendre un appui crânien occipital ou cervical par l'intermédiaire de masques et de bandeaux. Le but est de renforcer la faiblesse de l'ancrage intra-buccal. Il développe des forces considérables, susceptibles de mettre en péril l'intégrité des unités dentaires et de leur parodonte. Il est mal accepté par les patients pour des raisons professionnelles ou sociales. En effet, ces appareils doivent être portés 12 à 18 heures par jour durant des périodes de 6 à 24 mois, ils nécessitent la coopération du patient.

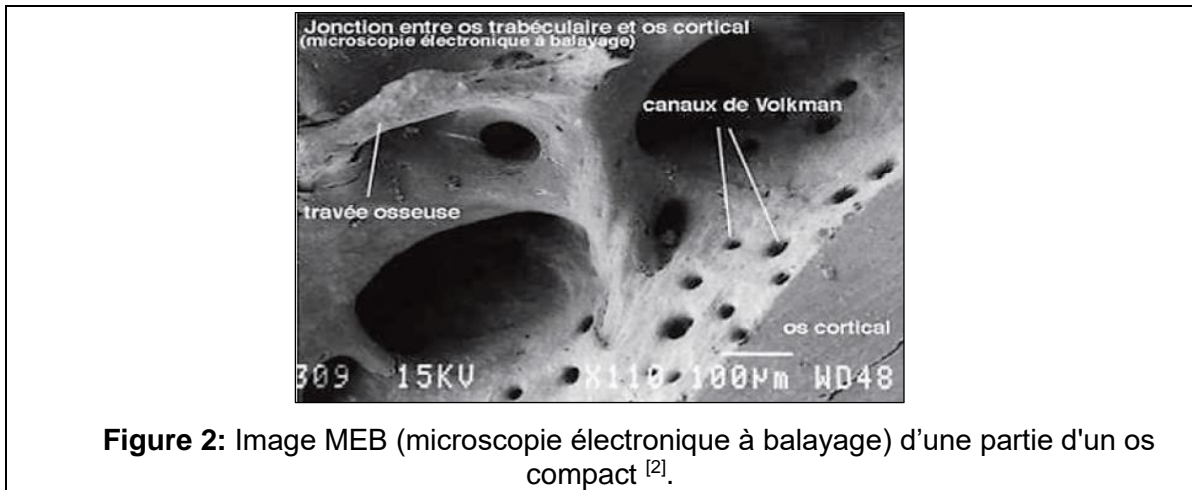
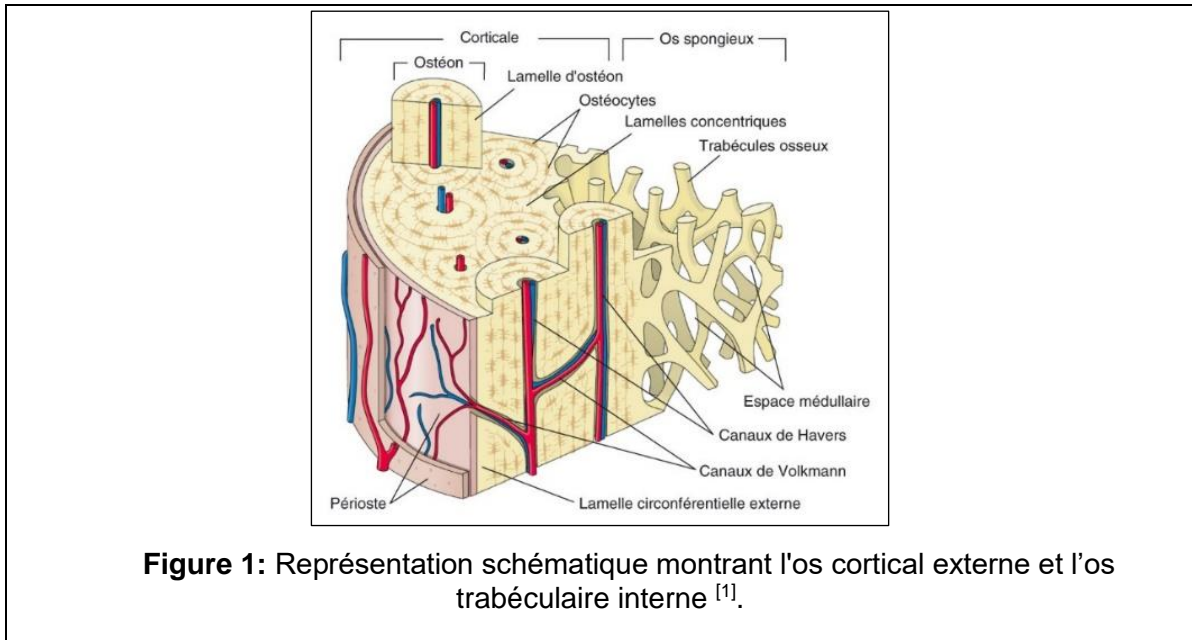
L'ancrage squelettique constitue une alternative aux ancrages conventionnels, il utilise les mini-vis et les mini-plaques.

2. Rappel anatomique :

2.1. Architecture et organisation du tissu osseux :

Il est important à noter que tous les os sont formés par du tissu osseux dont l'organisation élémentaire est similaire.

Les os sont constitués d'une zone **externe corticale** compacte et d'une **zone interne trabéculaire**. L'os cortical forme une coquille externe qui résiste aux déformations alors que l'os interne forme un réseau trabéculaire (Figure 1).



- **L'os cortical :**

L'os cortical correspond à la partie compacte de l'os, il est minéralisé à 95%, donc assurant principalement un rôle mécanique et protecteur.

Il est formé par la juxtaposition d'ostéons, dans lesquels les lamelles osseuses sont disposées de façon concentrique autour d'un canal appelé « canal de Havers » qui héberge des vaisseaux sanguins, lymphatiques et des structures nerveuses.

L'épaisseur de l'os cortical est variable, les tables corticales sont en effet plus fines au maxillaire qu'à la mandibule et dans la région incisivo-canine qu'au niveau prémolo-molaire (Figure 3). L'épaisseur de l'os cortical joue un rôle primordial dans la stabilisation mécanique des mini-vis.

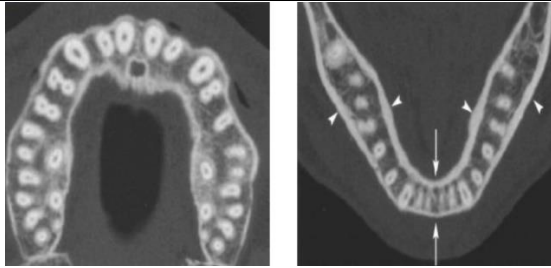


Figure 3 : Coupes scanners axiales montrant que les tables corticales sont plus larges à la mandibule qu'au maxillaire et dans les régions postérieures que dans les régions antérieures ^[3].

- **L'os trabéculaire :**

Appelé aussi « os spongieux », il est composé de travées osseuses très fines, formant un réseau d'interconnexions délimitant des espaces médullaires. Sa partie minéralisée n'est que de 30%, ce qui permet les échanges avec les espaces médullaires au niveau de l'os spongieux.

Le tissu osseux est constitué d'un système de travées lamellaires organisées de façon à opposer une résistance maximale aux contraintes mécaniques qui leur sont imposées ^[1]. Cette constitution lamellaire confère à l'os sa résistance mécanique qui est un facteur important de rétention mécanique des mini-vis et donc du succès de l'ancrage par mini-vis.

2.2. Les caractéristiques mécaniques du tissu osseux :

- **Résistance en traction :**

Pour déterminer les caractéristiques mécaniques de l'os cortical et de l'os spongieux, on réalise un essai de résistance à la traction. On obtient la courbe contrainte/déformation (Figure 4).

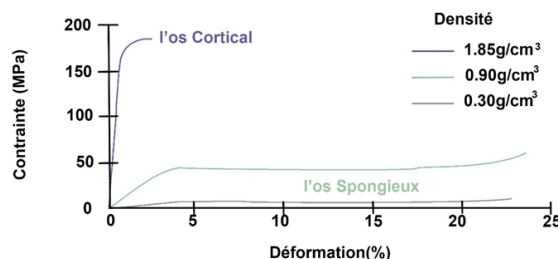


Figure 4 : La courbe contrainte-déformation révèle les propriétés mécaniques de l'os cortical et de l'os spongieux. Le support de l'os cortical est le facteur le plus important de la stabilisation mécanique ^[4].

- **Résistance en compression :**

- L'os cortical : la contrainte de résistance en compression est de 150 MPa.

- L'os trabéculaire : a une résistance en compression beaucoup plus faible de 10-30 MPa ; il est 10 fois moins résistant que l'os cortical.

Donc le rôle principal de l'os trabéculaire est l'amortissement des contraintes.

- **Résistance au cisaillement :**

- L'os cortical : varie de 70 à 110 MPa.

- L'os trabéculaire : varie de 1 à 5 MPa.

Donc l'os cortical est 20 fois plus résistant au cisaillement que l'os trabéculaire.

- **Résistance en flexion :**

- L'os cortical : varie entre 100 et 200 MPa.

- L'os trabéculaire : varie de 5 à 10 MPa.

- **Résistance en torsion :**

La résistance en torsion de l'os varie entre 4 et 9,3 MPa, et donc plus l'os est long plus il est vulnérable ; et plus l'os a un gros diamètre plus il est résistant.

Note : (1 N/m² = 1x10⁶ MPa), et (1 N/mm² = 1 méga pascal ou MPa).

2.3. Evaluation de la quantité et de la qualité osseuse :

L'évaluation de la quantité et de la qualité osseuse est une étape fondamentale du bilan pré-implantaire. En effet, le taux de succès de l'ancrage osseux par mini-vis dépend du volume et de la qualité osseuse [5].

- **Quantité osseuse :**

L'évaluation de la quantité osseuse est une étape très importante du diagnostic. Le volume osseux (hauteur-épaisseur) dictera les dimensions (longueur-diamètre) des mini-vis à placer.

- **Qualité osseuse :**

L'échec implantaire paraît être plus influencé par la qualité osseuse que par la quantité. L'évaluation de la qualité osseuse peut être faite en fonction de deux paramètres [6]. Le premier, d'après **Lekholm** et **Zarb** [7], évalue la densité osseuse. Le second permet de classer l'os en fonction de son potentiel de cicatrisation [6].

Classification de la densité osseuse :

La stabilité primaire de la mini-vis est directement liée à la quantité et à la qualité d'os alvéolaire.

Lekholm et **Zarb** proposent une classification basée sur la densité osseuse et le rapport entre l'os cortical et l'os trabéculaire (Figure 5).

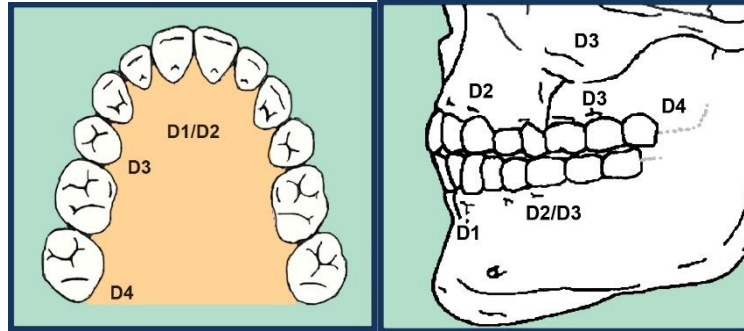


Figure 5 : Les densités osseuses observées dans les secteurs maxillaire et mandibulaire [8].

- Os (D1) : il est constitué presque exclusivement d'os cortical dense peu vascularisé.
- Os (D2) et (D3) : ils sont constitués d'une proportion variable d'os cortical et spongieux, ils permettent une stabilisation primaire et une vascularisation satisfaisante.
- Os (D4) : il correspond à l'os papyracé décrit par Gaspard (1978) avec une corticale presque inexistante et un réseau interne de trabécules peu développé. Il ne possède pas de densité suffisante pour permettre la stabilisation primaire de la mini-vis.

Evaluation du potentiel de cicatrisation :

Une classification est proposée pour diviser la qualité osseuse en 3 catégories [8], selon le Bone Healing Potential (BHP), c'est-à-dire le potentiel de cicatrisation osseux.

BHP1 : os ayant un potentiel de cicatrisation normal.

BHP2 : os ayant un potentiel de cicatrisation faiblement perturbé.

- Causes possibles : patient faiblement fumeur, diabète équilibré, anémie, ostéoporose, déficience nutritionnelle, greffe osseuse, os régénéré, traitement corticoïde au long cours, traitement anti-inflammatoire non stéroïdien au long cours.

BHP3 : os ayant un potentiel de cicatrisation fortement perturbé.

- Causes possibles : patient gros fumeur, hyperparathyroïdie, thalassémie, diabète non équilibré, anémie importante, patient sous médication antimétabolique, patient ayant une ostéoporose très sévère, os irradié, polyarthrite rhumatoïde sévère.

CHAPITRE 2

BIOMÉCANIQUE APPLIQUÉE AU DÉPLACEMENT DENTAIRE

1. Biologie du déplacement dentaire :

1.1. Remaniement tissulaire physiologique :

Les tissus périodontaux ont, à l'état sain, un rythme de renouvellement, à la fois cellulaire et extracellulaire. Celle-ci implique, comme nous allons le voir, un « remodelage » permanent de l'os et de l'attache ligamentaire.

- **Desmodonte et migration physiologique des dents :**

Le desmodonte est un tissu conjonctif fibreux, et à ce titre, il possède un certain turn-over. Le fait qu'il soit directement impliqué dans la migration des dents accentue son rythme de renouvellement cellulaire et fibrillaire [9].

Il existe une adaptation permanente à la nouvelle position de la dent. Cette élaboration constante d'un nouveau desmodonte se fait du côté en résorption, dans la zone paraosseuse, ainsi que du côté en apposition dans la zone où le desmodonte ancien est incorporé de manière permanente dans l'os néoformé sous la forme d'os fasciculé [9].

• **Cycle de remodelage osseux :**

Ces remaniements ont lieu dans des foyers bien localisés appelés les « basics multicellular unit (BMU) ». Séquence de remodelage (Figure 6). La résorption ostéoclastique y précède l'apposition selon une séquence : activation – résorption – inversion - formation (ARIF) [9] :

➤ **Activation :**

- recrutement des préostéoclastes ;
- reconnaissance de la zone osseuse à résorber ;
- attachement des préostéoclastes à la surface ;
- fusion des préostéoclastes ostéoclastes multinucléés.

➤ **Résorption :**

- les ostéoclastes détruisent le tissu osseux.

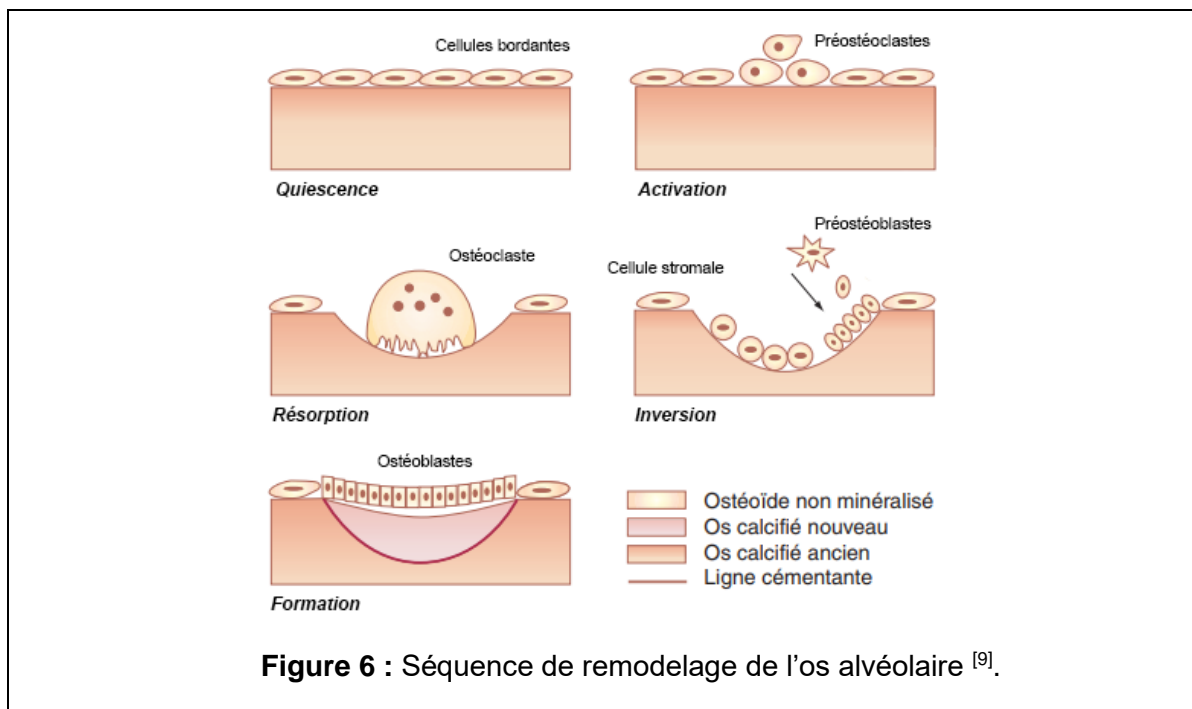
➤ **Inversion :**

- mise en jeu des cellules mononucléées type macrophages, qui établissent la limite os nouveau/os ancien (ligne cémentante) ;
- recrutement de préostéoblastes qui se différencient en ostéoblastes.

➤ **Formation :**

- apposition de tissu ostéoïde le long de la ligne cémentante ;
- minéralisation

Cette séquence ARIF est suivie par une phase dite de quiescence durant laquelle l'os nouveau est tapissé par des cellules bordantes.



1.2. Remaniement tissulaire thérapeutique :

Une dent soumise à une force mécanique réagit biologiquement afin de diminuer les contraintes subies. Les réactions induites aboutissent cliniquement au déplacement de l'organe dentaire ^[10].

Le mouvement est intimement lié au ligament alvéolodentaire car les phénomènes de flexion du rebord alvéolodentaire ne peuvent susciter un déplacement à eux seuls.

- Effets immédiats :

Dès l'application de la force, un déplacement immédiat est apparent :

- Dans un premier temps, il correspond à un phénomène hydraulique. On assiste au niveau desmodontal à une compression des espaces vasculaires avec ischémie. Le ligament est progressivement comprimé le long de la lame criblée d'un côté (responsable de la sensation de douleur à l'activation) et il est étiré sur l'autre face de l'alvéole.

- Dans un deuxième temps, on assiste à une déformation primaire de l'os alvéolaire. Lors de l'application de la force, la dent se déplace plus tôt et sur une plus grande distance alors que l'os alvéolaire n'a pas encore commencé son

remaniement ; c'est cette différence qui explique la compression desmodontale. Lorsque l'on arrête l'application de la force, la dent revient à sa position initiale en 1 à 1,5 minutes dans les conditions physiologiques. C'est grâce au déplacement initial que vont apparaître les effets biologiques.

- Effets à court et moyen terme :

Côté en pression :

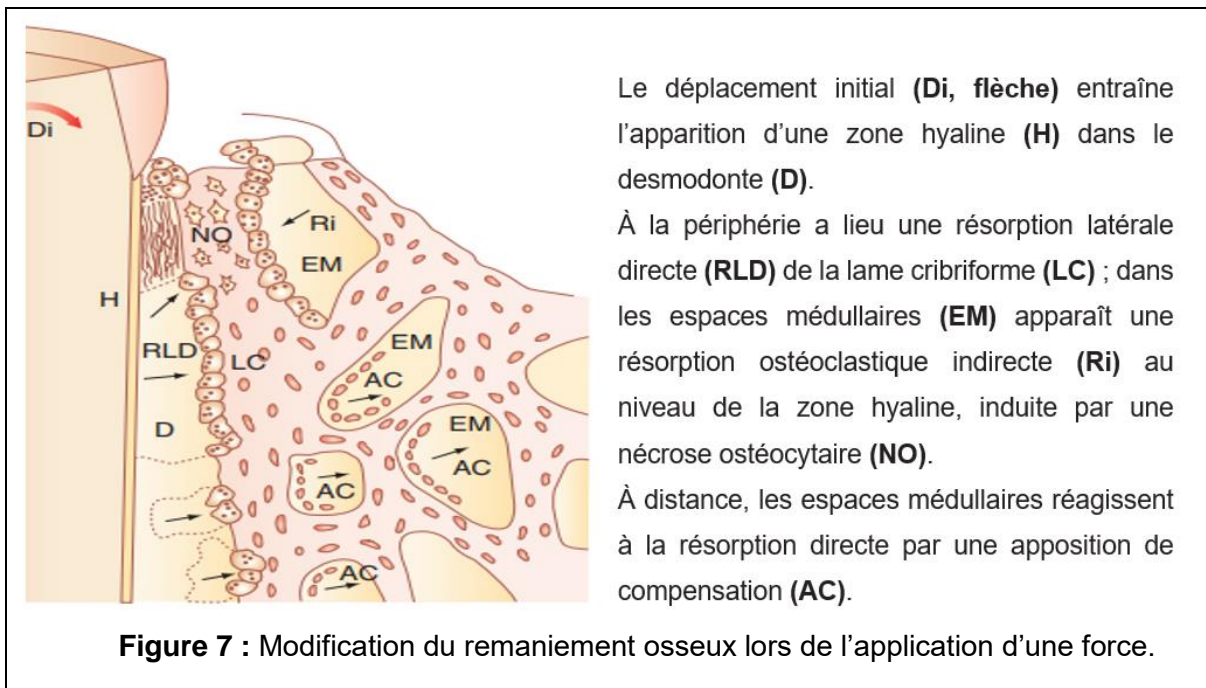
- **Initiation du déplacement dentaire** : Au niveau de la réponse immunologique, la compression tissulaire provoque :
 - Une atteinte des terminaisons nerveuses avec libération de neuropeptides entraînant une inflammation avec l'arrivée de macrophages ;
 - Une production de prostaglandine ;
 - Une flexion de l'os alvéolaire ;
 - Une modification de la pression et de la circulation intra-osseuse (avec production de phénomènes piézoélectriques) ^[11].

C'est à l'inflammation et aux modifications bioélectriques que sont liés les phénomènes de résorption/apposition du remodelage osseux à l'origine du déplacement dentaire. Le déplacement immédiat de la dent peut durer de 5 à 6 jours puis on assiste à la mise en place de réactions biologiques visant à recréer un état d'équilibre momentanément perturbé.

- **Création de la zone hyaline** : Au niveau des zones soumises à de fortes pressions apparaît une dégénérescence cellulaire due au manque d'apport métabolique et à la compression des fibres de collagène. Cette zone est alors constituée uniquement de fibres de collagène tassées et a au microscope optique un aspect vitrifié ^[12] ^[13]. La phase de hyalinisation débute 36 heures après l'application de la force et dure en moyenne de 12 à 15 jours pendant lesquels aucun mouvement n'est perceptible. La zone hyaline est éliminée si l'on n'effectue qu'une réactivation douce.
- **Élimination de la zone hyaline** :
 - 1- **Résorption osseuse directe** : L'élimination de la zone hyaline se fait à partir des zones latérales ligamentaires.
Deux phases se succèdent dans le temps :

- La résorption latérale directe, dans laquelle les ostéoclastes autour de la zone hyaline résorbent la lame criblée.
- La résorption frontale directe, qui se produit après destruction de la zone hyaline.

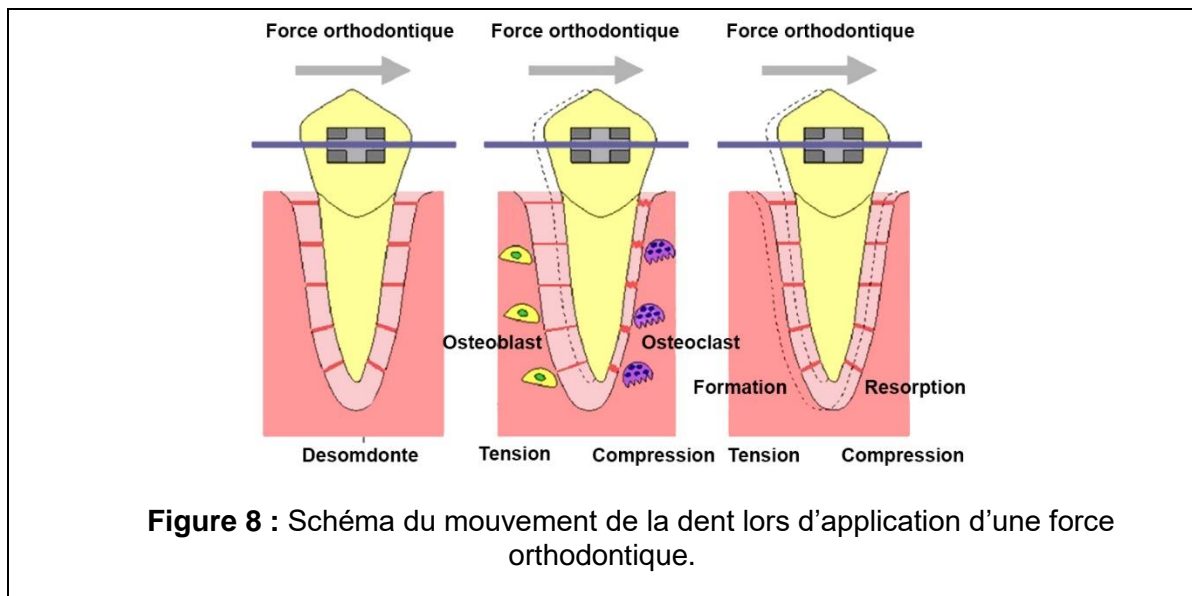
2- Résorption osseuse indirecte : Elle consiste en une importante activité de résorption osseuse en regard de la zone hyaline. Dans la mesure où la compression de la zone hyaline empêche la venue et la formation des ostéoclastes à son niveau, l'activité ostéoclastique est reportée à distance du desmodonte dans les espaces médullaires, riches en cellules. Les ostéoclastes résorbent le mur alvéolaire, puis la lame criblée, par voie centripète. À ce stade, le ligament est considérablement élargi et le déplacement dentaire peut reprendre. Après la période de hyalinisation et restauration de l'espace desmodontal, le mécanisme cellulaire s'inverse en présence d'une force constante. Tout se passe comme si la dent migrait avec l'ensemble de ses tissus de soutien.



- **Reconstruction :** Après élimination de la zone hyaline, une nouvelle couche de ciment et d'os alvéolaire se dépose et sert d'ancrage aux fibrilles de collagène néoformées.

Côté en tension :

- **Effets** : Les effets du déplacement mécanique initial de la dent dans son alvéole se résument à un élargissement desmodontal quantitativement égal au rétrécissement du côté opposé. De ce côté du desmodonte, on observe :
 - Un élargissement des espaces vasculaires.
 - Une orientation générale des structures dans le sens de la traction.
- **Réactions** : Elles sont très proches de celles observées du côté en pression, mais de sens opposé. Cependant les cellules mésenchymateuses indifférenciées produites au cours de ces nombreuses mitoses vont se différencier et empruntent la voie ostéoblastique sans omettre une importante production de fibroblastes.



2. Bases de la biomécanique :

2.1. Caractéristiques de la force orthodontique :

Une force orthodontique est caractérisée par :

- La direction et le sens :

La résultante d'un système de force peut avoir une direction verticale dans le sens de l'éruption ou dans le sens opposé, ou une direction horizontale ou oblique, dans le sens mésio-distal ou vestibulo-lingual.

- Son intensité :

Les forces utilisées en orthodontie sont dites « biologiques », c'est-à-dire comprises entre un seuil minimum, suffisant pour induire l'apparition de

cellules de résorption du tissu osseux, et un maximum, fonction du seuil de sensibilité du patient.

- Le rythme d'application :
 - Force continue : l'énergie délivrée par le dispositif orthodontique décroît très progressivement (ex : fil superélastique).
 - Force discontinue : l'énergie libérée par le système mécanique diminue très rapidement, dès que la dent commence à se déplacer (boucle simple en technique fixe).
 - Force intermittente : des périodes sans aucun dispositif actif alternent avec des phases d'activité (forces extra-buccales portées 14 heures par jour).

2.2. 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 [14].

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 appliquées au solide.

La position du centre de résistance d'une dent varie donc en fonction :

- De la longueur, de 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.

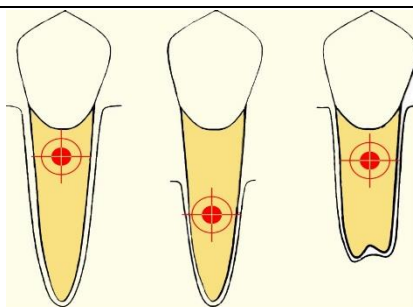
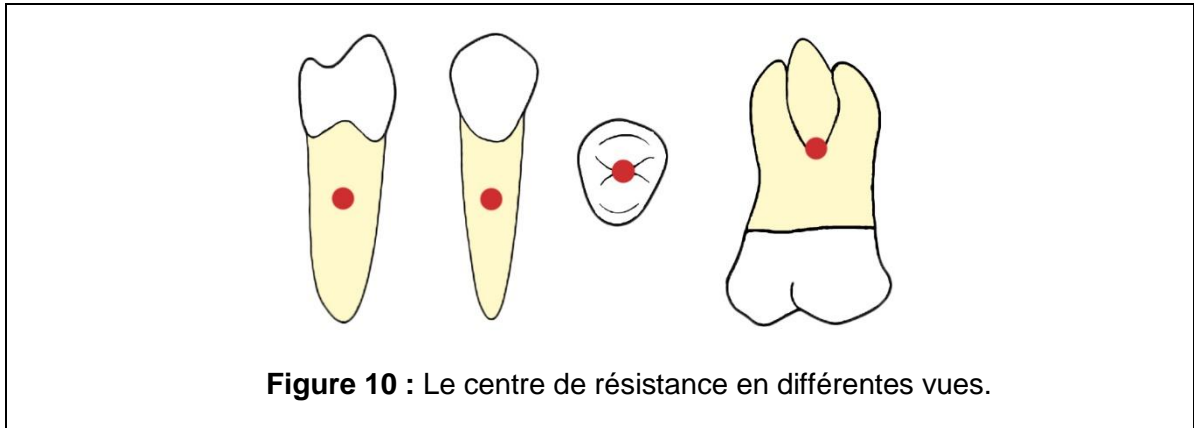
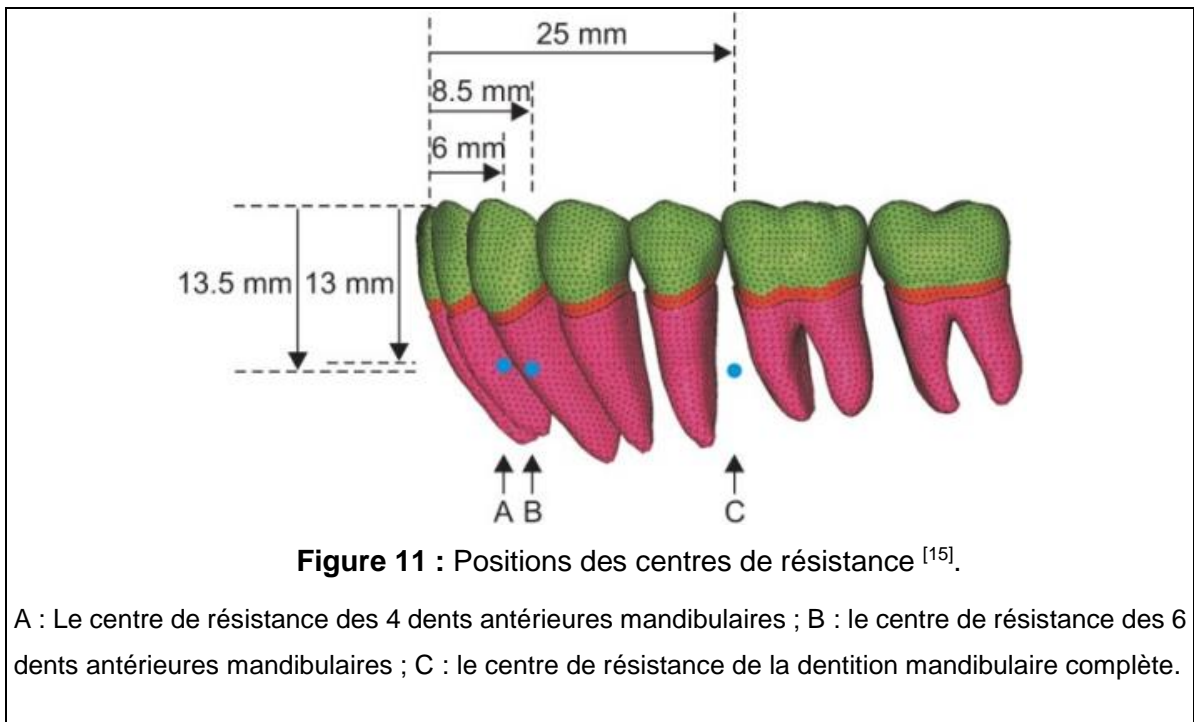


Figure 9 : La localisation de centre de résistance dépend de la hauteur de l'os alvéolaire et la longueur de la racine.



Le centre de résistance d'un groupe de dents diffère en fonction de paramètres liés à la situation biomécanique (site d'extraction, rétraction de quatre ou six dents antérieures, incorporation ou non des deuxièmes molaires, etc.). De plus, nos connaissances concernant les facteurs affectant le centre de résistance d'un groupe de dents sont limitées ; cela peut être dû au fait que ces facteurs ne peuvent pas être facilement mesurés lorsqu'un groupe de dents est impliqué.

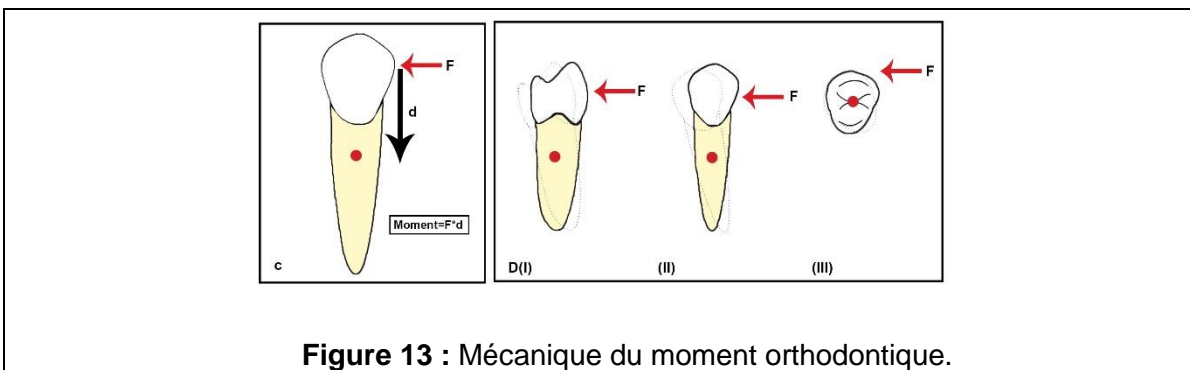
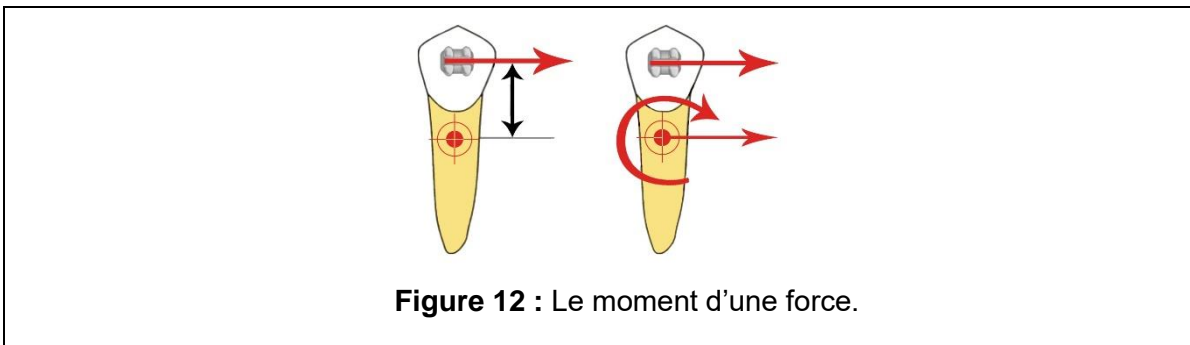
Une étude a été faite pour déterminer la position tridimensionnelle (3D) du centre de résistance de 4 dents antérieures mandibulaires, de 6 dents antérieures mandibulaires et de la denture mandibulaire complète à l'aide de l'analyse 3D par éléments finis (Figure 11) ^[15].



2.3. Moment d'une force :

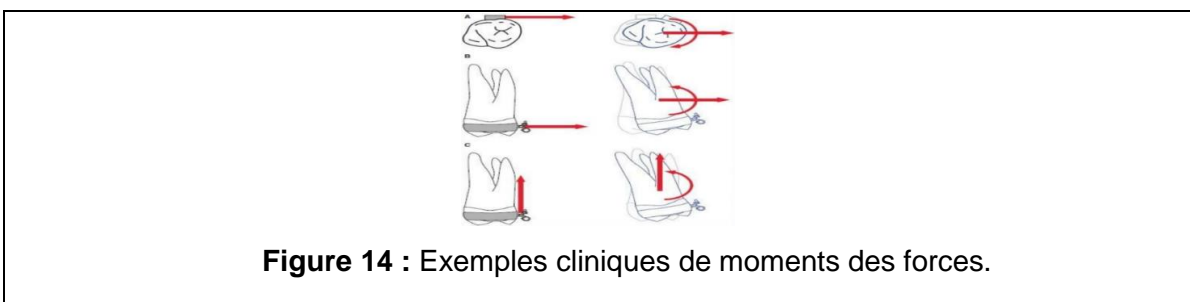
Les forces orthodontiques sont transmises par la couronne dentaire, elles ne produiront pas un mouvement purement linéaire, un mouvement de rotation sera présent, ces mouvements de rotation sont appelés Moment de la force. Ce dernier est la tendance de la force à produire une rotation.

On trouve sa direction en suivant la ligne d'action autour du centre de résistance vers le point d'origine, et on la détermine en multipliant la magnitude de la force par la distance perpendiculaire de la ligne d'action au centre de résistance.



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

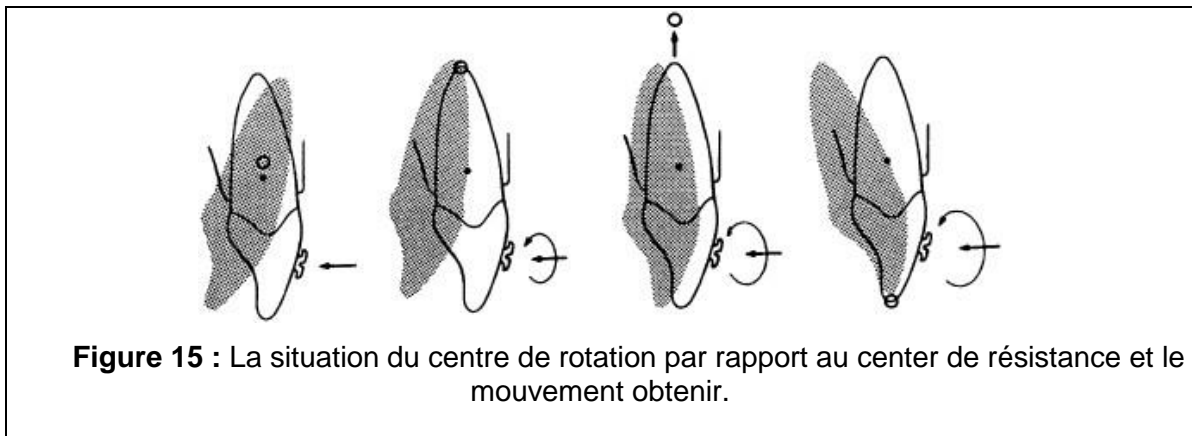
En orthodontie clinique, l'importance du moment d'une force n'est souvent pas reconnue, mais il est nécessaire de prendre conscience de la nécessité de développer des conceptions d'appareils efficaces et rentables.



2.4. Centre de rotation :

C'est le point autour duquel tourne un solide si on lui applique une force qui ne passe pas par son centre de résistance. Il est dépendant du système de forces et à la différence du centre de résistance, il n'est pas obligatoirement situé sur la dent. 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 les deux extrêmes, on obtient un mouvement de roto-translation de la dent.



2.5. Couple de forces :

Un couple de force est constitué de deux forces parallèles de même amplitude, agissant dans des directions opposées et séparées par une distance (lignes d'action différentes). La magnitude d'un couple de force est calculée en multipliant la magnitude de la ou des forces par la distance qui les sépare.

Les couples de force entraînent un mouvement de rotation pur autour du centre de résistance.

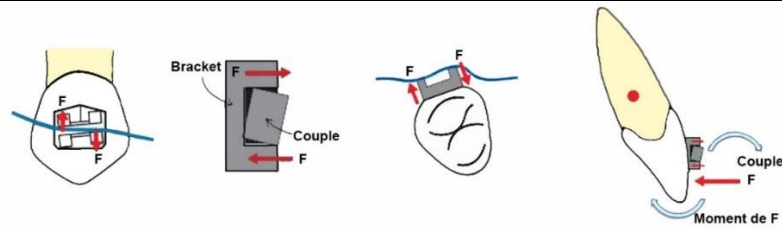


Figure 16 : Exemple clinique de couples de force.

3. Les différents types de déplacement orthodontique :

- **Version coronaire** : déplacement induit par une force simple appliquée au niveau de la couronne d'une dent ; le centre de rotation du déplacement étant plus près de l'apex que le centre de résistance. La force nécessaire est d'environ 50 à 75 g.



Figure 17 : Mouvement de version coronaire.

- **Version radiculaire (ou effet de torque)** : le centre de rotation se situe quelque part au niveau de la couronne. Ce déplacement n'est possible qu'avec des dispositifs fixes complexes permettant de déplacer les apex.



Figure 18 : Mouvement de version radiculaire (effet de torque).

- **Translation** : déplacement induit par un système de forces dont la résultante se situe au niveau du centre de résistance ; le centre de

rotation étant indéterminé. La force nécessaire est d'environ 100 à 150 g.

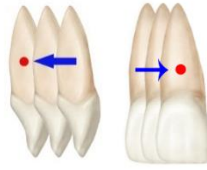


Figure 19 : Mouvement de translation.

- **Égression ou Extrusion** : déplacement induit par une force verticale agissant dans le sens de l'éruption.

L'égression peut être « pure » (plus ou moins parallèle au grand axe de la dent) ou associée à un certain degré de version coronaire ; linguale ou vestibulaire.

Ce type de mouvement orthodontique est souvent utilisé pour fermer certains types de béances antérieures où les dents antérieures ne se touchent pas. La force nécessaire est d'environ 50g.



Figure 20 : Mouvement d'égression.

- **Ingression ou Intrusion** : déplacement induit par un système de force agissant dans le sens opposé à l'éruption.

L'ingression peut être « pure ». Elle est ; le plus souvent ; associée à une version vestibulaire ou linguale ; en raison de l'impossibilité d'exercer une force simple dans le prolongement du grand axe de la dent. La force nécessaire est d'environ 15 à 25 g.



Figure 21 : Mouvement d'ingression.

- **Rotation** : couple à résultante horizontale.

Le déplacement induit est une rotation couronne autour de son grand axe ; le point d'application étant indifférent. La force nécessaire est d'environ 50 à 100 g.

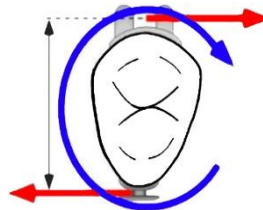


Figure 22 : Mouvement de rotation.

4. Notions d'ancrage orthodontique :

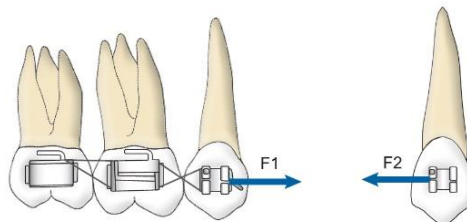
4.1. La troisième loi de Newton :

La thérapeutique biomécanique orthodontique doit répondre à la troisième loi de **NEWTON** ou loi de l'action/réaction. Celle-ci dit : « Lorsqu'un corps (A) exerce sur un corps (B) une action mécanique représentée par une force F (A/B), le corps (B) exerce sur (A) une action mécanique représentée par une force F (B/A) » [16].

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

Quelle que soit la thérapeutique utilisée, appliquer une force sur une dent, un groupe de dents ou une arcade engendre une force de même intensité, de même ligne d'action, mais de sens opposé sur la structure d'appui [17].

Cette réaction entraîne des effets rarement souhaités et l'on recherche au maximum la fixité des dents supports qui constituent l'ancrage.



Action = Réaction

Figure 23 : Force d'action et de réaction égale et de sens opposé (F1=F2).

4.2. Trinôme de De Nevrézé :

De Nevrézé décrit l'interaction de 3 éléments :

- **La résistance mobile** (RM) représente le point d'application et la résistance de la structure à déplacer.
- **La résistance stable** (RS) représente le point d'ancrage de la force.
- **La force motrice** (FM) représente la force permettant le déplacement.

Les 3 cas de figure possibles sont :

- **RS = RM**
 - Si $FM < RS$ et RM → pas de déplacement.
 - Si $FM > RS$ et RM → déplacement égal et symétrique des 2 structures.
- **RM < RS**
 - Si $RM < FM < RS$ → déplacement de RM.
 - Si $RM < RS < FM$ → déplacement double et inégale (RM se déplaçant davantage).
- **RS < RM**
 - Si $FM < RS < RM$ → pas de déplacement.
 - Si $RS < FM < RM$ → déplacement de RS.

L'orthodontiste doit donc contrôler son système de force pour éviter les mouvements parasites et ce dans les trois sens de l'espace ^[18].

CHAPITRE 3

DIFFÉRENTS TYPES D'ANCRAGE ORTHODONTIQUE

1. Ancrage buccal conventionnel :

1.1 Ancrage biologique passif (naturel) :

Il correspond à la résistance naturelle au déplacement qu'offre la dent ancrée dans l'os alvéolaire par l'intermédiaire du ligament.

Cela dépend de l'environnement : osseux, musculaire, dentaire, occlusal et également de la croissance résiduelle.

1.1.1. Ancrage alvéolo-dentaire :

C'est la résistance naturelle qu'offre la dent du fait de son attache ligamentaire dans son os alvéolaire et qui dépend de la surface radiculaire exposée.

Il est fonction :

- du nombre de dents et de leur anatomie radiculaire : nombre, longueur et surface des racines.

- du rapport couronne / racine : l'ancrage augmente quand ce rapport diminue.

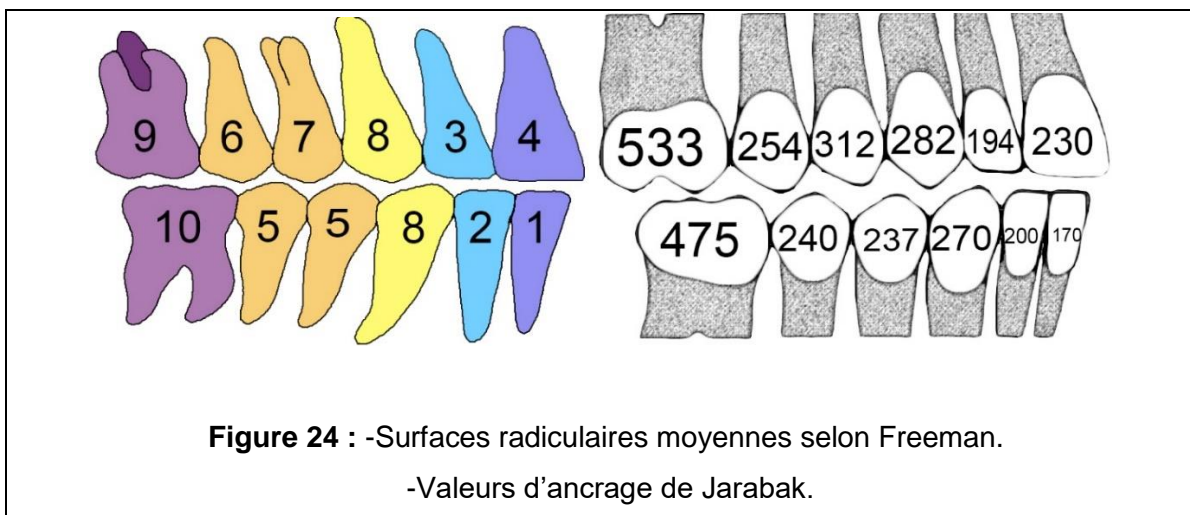
- de la position dentaire sur la base osseuse par rapport à la force : une molaire mandibulaire versée mésialement fournira un ancrage inférieur à une force mésialante que la même molaire normo-positionnée. C'est la théorie du « piquet de tente » de **TWEED** [19].

- de la quantité et de la qualité de l'os alvéolaire : surface et densité alvéolaires.

- du type de déplacement dentaire.

- de l'occlusion : l'engrènement cuspidien s'oppose aux mouvements dentaires.

FREEMAN a ainsi mesuré en 1965 la surface moyenne radiculaire de chaque dent pour quantifier l'ancrage. Puis **JARABAK** a attribué des coefficients d'ancrage à chaque dent [20].



1.1.2. Ancrage musculaire :

Il a un rôle déterminant dans l'ancrage passif, car cette enveloppe musculaire développe une force qui peut soit favoriser ou au contraire freiner le mouvement dentaire. Son influence varie selon la tonicité musculaire, les habitudes comportementales (les fonctions atypiques diminuent considérablement l'ancrage passif), et en particulier selon la typologie faciale [21].

1.1.3. Ancrage cortical :

L'ancrage est fonction de la densité osseuse : il est supérieur à la mandibule par rapport au maxillaire. Selon **CHATEAU** [22] pour une même force on a 3 fois plus de déplacement dans l'os maxillaire que dans l'os mandibulaire.

De plus, le turn-over est plus élevé dans l'os spongieux que dans la corticale osseuse. **RICKETTS** [23][24] propose un torque radiculo-vestibulaire et de l'expansion pour ancrer les racines dans la corticale au niveau de la ligne oblique externe.

1.2. Ancrage orthodontique actif :

Des dispositifs orthodontiques ont été mis en place pour un ancrage mécanique limitant ainsi les déplacements indésirables des structures d'appui et renforçant ainsi l'ancrage naturel.

L'ancrage actif regroupe deux grand types de dispositifs :

- L'ancrage extra-oral,
- L'ancrage intra-oral.

1.2.1. Ancrage orthodontique extra oral :

Ce type d'ancrage est établi en dehors de la bouche. Cela implique l'utilisation d'un casque, d'une bande ou d'un masque facial. L'un de ces inconvénients est que l'ancrage est éloigné du site du mouvement de la dent. De plus, il nécessite la coopération des patients est généralement plus faible chez les patients adolescents.

L'ancrage extra-oral peut être divisé en 4 types différents :

- Cervical
- Occipital
- Pariétal
- Facial

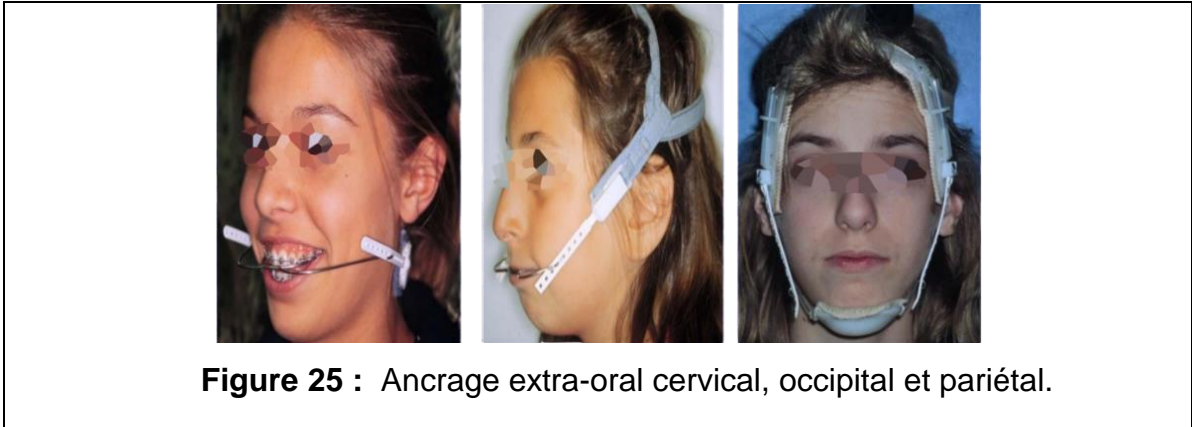


Figure 25 : Ancrage extra-oral cervical, occipital et pariétal.

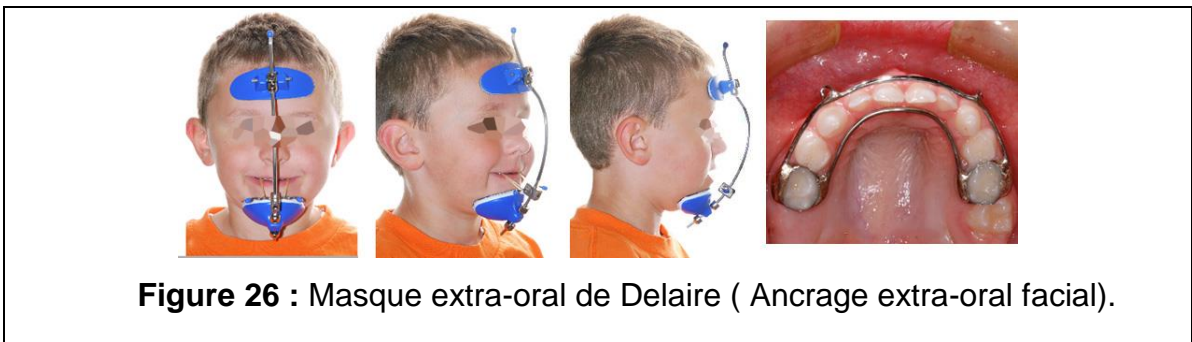


Figure 26 : Masque extra-oral de Delaire (Ancrage extra-oral facial).

1.2.2. Ancrage orthodontique intra oral :

Il peut être intra- ou inter-arcade.

1.2.2.1 Ancrage orthodontique intra-oral intra-arcade :

- **Ligatures en chaîne ou en 8** (Figure 27) ;
- **Courbures sur l'arc** ;
- **Arcs lourds** : les contacts interdentaires et les arcs de pleine taille de section rectangulaire interdisent tout déplacement vertical, mésio-distal ou vestibulo-lingual isolé.
- **Sectionnels** : en technique segmentée, stabilisation des secteurs latéraux et postérieurs par des sectionnels porteurs de courbures anti-version et anti-rotation en opposition aux effets parasites.
- **Auxiliaires d'ancrage** :
 - a. Quad-Hélix : ancrage transversal une fois l'expansion terminée (Figure 28).
 - b. Arc transpalatin : contrôle de la rotation mésio-palatine des 1ères molaires maxillaires dans le sens horizontal et de l'égression dans le sens vertical (Figure 29).

- c. Arc transpalatin de Nance : maintient l'ancrage des molaires et permet des mouvements de rotation ou d'expansion des molaires.
- d. Lip-bumper mandibulaire amovible : distalisation supposée des molaires, mainteneurs d'espace, source d'ancrage à l'arcade mandibulaire.
- e. Lip-bumper maxillaire, rarement utilisé.
- f. Plaque palatine : ancrage dans les 3 dimensions.
- g. Arc lingual : stabilisation du sens transversal, maintien de l'ancrage molaire avec éventuellement deux boucles.
- h. Pendulum : maintient l'ancrage des secteurs latéraux pour distalisation molaire
- i. Plaque amovible mandibulaire : ancrage tridimensionnel.

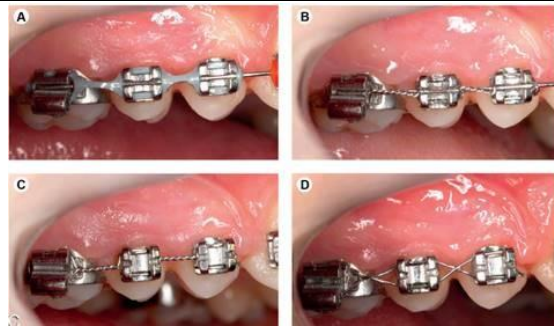


Figure 27 : Photographies cliniques des dispositifs

A : ligature de chaîne élastomère ; **B** : lien de ligature en acier traversant l'arc ; **C** : Lien de ligature en acier se croisant sous l'arc et **D** : Lien de ligature en acier se croisant en forme de huit sous l'arc.



Figure 28 : Le Quad Helix.



Figure 29 : Arc transpalatin.

1.2.2.2 Ancrage orthodontique intra-oral inter-arcade :

- **Tractions intermaxillaires (TIM) :**
 - a. Elastomériques : TIM II, TIM III, verticaux. Peuvent servir à mobiliser toute l'arcade antagoniste.
 - b. Ressorts fermés Nitinol : alternative aux élastiques.
- **Propulseurs rigides :** bielle de Herbst®, Forsus®.



Figure 30 : Elastique inter maxillaire de classe II et de classe III.

2. Les différentes ancrages cliniques :

Ils peuvent être classés suivant les besoins du traitement, en fonction des objectifs, quatre types d'ancrage peuvent être prévus :

2.1. Ancrage simple :

Ce type d'ancrage est considéré comme non critique, ce qui implique 75% de mouvement des dents postérieures et 25% des dents antérieures dans l'espace d'extraction.

2.2. Ancrage modéré :

Ce type d'ancrage est considéré comme modéré, ce qui implique 50% de mouvement des dents antérieures et postérieures dans l'espace d'extraction.

2.3. Ancrage maximum :

Ce type est considéré comme un ancrage essentiel, impliquant 75% du mouvement des dents antérieures et 25% des dents postérieures dans l'espace créé par l'extraction.

2.4. Ancrage absolu :

Ce type d'ancrage est nécessaire dans un traitement lorsqu'il existe 0% de déplacement des dents postérieures vers l'avant et 100% de déplacement des dents antérieures vers l'arrière.

2.4.1. Dents ankylosées :

Selon la situation et les besoins d'ancrage, on pourra différer l'avulsion pour renforcer l'ancrage.

2.4.2. Implants dentaires :

Une reconstitution prothétique provisoire supra-implantaire peut permettre ce type d'ancrage.

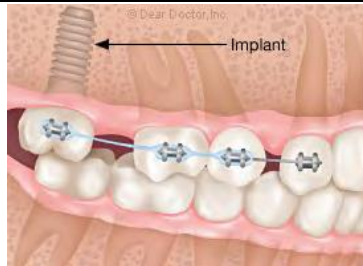


Figure 31 : Ancrage supra implantaire.

2.4.3. Implants à visée d'ancrage orthodontique :

Différents types ont été employés : l'implant rétromolaire de Roberts (Figure 32) [25], les implants palatins de Wehrbein [26] ou de Wilmes (Figure 33) [27] utilisés par le biais d'une superstructure rigide. Ils nécessitent un temps d'ostéointégration avant leur utilisation comme ancrage et ne sont pas permanents.

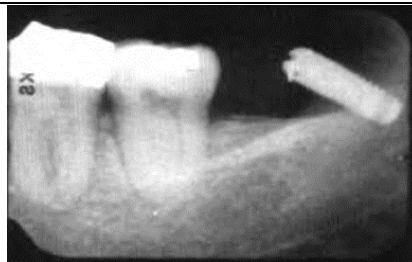


Figure 32 : Implant rétromolaire de Roberts et al [25].



Figure 33 : Implant palatin et dispositif Beneslider Wilmes et al [27].

2.4.4. Ligatures métalliques de Melsen :

Deux perforations crestales infra-zygomatiques permettent le passage d'un fil de ligature en acier chirurgical toronné émergent au fond du vestibule maxillaire en zone de muqueuse alvéolaire au niveau de la seconde molaire maxillaire. Lourde à mettre en place et sensible à utiliser [28].



Figure 34 : Vue intra-buccale montrant la rétraction et l'intrusion avec les ligatures de zygoma.

2.4.5. Systèmes d'ancrage squelettiques :

a. Mini-plaques :

Plaques d'ostéosynthèse modifiées, les mini-plaques en titane sont temporairement fixées par des vis mono-corticales. Un prolongement traverse la muqueuse alvéolaire, sur lequel vient s'ancrer les forces orthodontiques. Leur mise en place et leur dépose sont assez contraignantes, et leurs localisations se réduisent à la crête infra-zygomatique au maxillaire et à la zone canine mandibulaire. Elles permettent l'application de forces lourdes permettant des corrections orthopédiques de classe III.



Figure 35 : Recul par traction sur crochet dentaire, Crochet fixe relié à la plaque.

b. Micro-vis :

Ce sont des vis autoforeuses en alliage de titane de 5 mm de longueur pour 2 mm de diamètre, destinées à être enfouies sous la muqueuse en fond de vestibule. Elles peuvent être courtes et limitées à la corticale car il n'est pas nécessaire de les faire pénétrer dans l'os spongieux pour obtenir une stabilité primaire. En effet,

comme le fil est plaqué directement contre l'os, il n'y a quasiment pas de bras de levier qui pourrait les faire basculer, comme c'est le cas avec les mini-vis transgingivales.

La limitation de la micro-vis à une pénétration dans la corticale limite les risques anatomiques pour les structures sous-jacentes.

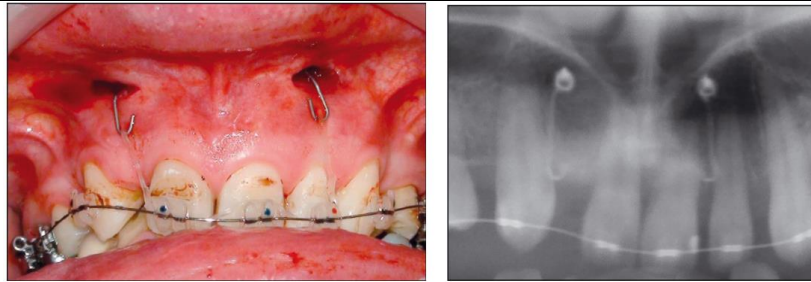


Figure 36 : Deux micro-vis corticales au niveau de bord inférieur de l'orifice piriforme.

c. Mini-vis :

Les mini-vis sont des dispositifs qui procurent un point d'ancrage squelettique temporaire (de 4 à 12 mois) au maxillaire ou à la mandibule, permettant des mouvements orthodontiques de type mésialisation, distalisation, ingression, égression ou inclinaison.

De nombreux systèmes sont disponibles mais présentent tous des caractéristiques communes : une tête sur laquelle s'ancrer, un col, un corps intra-osseux et une pointe. Les différentes mini-vis varient par la morphologie de la tête, du filetage, leurs dimensions, le type de matériau. Ces mini-vis sont faciles à mettre en place dans de nombreuses localisations vu leur gabarit. La dépose est simple et leur coût relativement faible. Elles présentent donc un bon rapport coût-bénéfices-risques.



Figure 37 : Traitement orthodontique avec ancrage par mini-vis.

DEUXIÈME PARTIE

L'ANCRAGE PAR MINI-VIS

CHAPITRE 1

GÉNÉRALITES

1. Historique :

Avec la demande croissante de traitement orthodontique chez les patients adultes, les cliniciens ont recherché un autre type d'ancrage permettant l'amélioration de résultats de traitements et se sont naturellement tournés vers l'ancrage squelettique. En 1945, la recherche sur le concept d'utilisation d'un ancrage vissé sur le Ramus a été lancée non seulement pour déplacer des dents, mais également pour exercer une force de traction sur la mandibule. Une étude a consisté à placer des vis Vitallium (Dentsply) chez le chien. En utilisant l'os basal pour l'ancrage, le mouvement des dents a réussi ; cependant, il a été constaté qu'une force efficace ne pouvait être maintenue que pendant 31 jours au plus. La perte de toutes les vis a été attribuée à une infection résultant de la communication entre la vis Vitallium et la cavité buccale. Néanmoins, les auteurs ont conclu que "un ancrage futur pourrait être obtenu pour le mouvement orthodontique".

Depuis 1969, lorsque **Bränemark** et al. ont introduit les implants dentaires pour le remplacement des dents et la réhabilitation prothétique, l'ostéointégration est restée l'objectif principal. Au cours des 25 dernières années, les implants dentaires ont été utilisés avec succès dans la prise en charge combinée des patients en implantologie et en orthodontie, en particulier chez les adultes partiellement édentés. Les implants dentaires ostéointégrés sont utilisés pour un ancrage orthodontique et servent ensuite de piliers pour le remplacement des dents.

Plusieurs innovations dans la conception des ancrages ont lentement conduit à des meilleurs résultats. **Linkow** en 1970, a été parmi les premiers qui ont proposé d'utiliser l'implant de la lame comme ancrage pour les élastiques de classe II. **Creekmore** et **Eklund** ont inséré un système d'ancrage sous la cavité nasale pour intruser les incisives maxillaires dès 1983.

En 1997, **Kanomi** a déclaré avoir utilisé la mini-vis comme ancrage dans un cas d'intrusion. En 1998 encore, des ligatures de zygomatique ont été proposées en option pour ancrage maxillaire. En 1999, **Umemori** et al, ont discuté des systèmes d'ancrage squelettique et des mini-plaques en titane pour la correction de l'occlusion.

Kyung et al. Banalisent l'usage des mini-vis au début des années 2000. De ces prototypes d'ancrage osseux subsistent aujourd'hui sous forme élaborée

essentiellement deux grands types de dispositif d'ancrage vissé : les mini-vis ou micro-implants, et les mini-plaques dites encore plaques squelettiques d'ancrage.

2. Description :

2.1. Terminologie :

De nombreux termes sont trouvés dans la littérature : « micro-implants », « mini-implants », « mini-implants orthodontiques », « micro-vis », « mini-vis », « vis d'ancrage », etc. Le terme « implant » peut se justifier également par les similitudes avec les implants prothétiques : biocompatibilité, utilisation du titane et un certain degré d'ostéointégration. Certains auteurs considèrent le terme « implant » inadapté, car traduisant mal le caractère temporaire du dispositif et impliquant par définition une ostéointégration préalable à la mise en charge.

Dans la littérature anglo-saxonne, le terme le plus utilisé est « mini-screw implants » (mini-vis implantaires).

Micro/mini : le terme « mini » est généralement retenu pour les diamètres de 1,5 à 2 mm en dessous de 1,5 mm, on parle de « micro-implant ».

Enfoui/non enfoui : les mini-implants sont enfouis (avec ou sans tête, placés sous la muqueuse alvéolaire) ou non enfouis (la tête est exposée dans la cavité buccale).

TAD'S/SAS : les Américains ont préféré désigner l'ensemble des ancrages orthodontiques par le terme « TAD'S » (Skeletal Temporary Anchorage Devices ou dispositifs squelettiques d'ancrage temporaire).

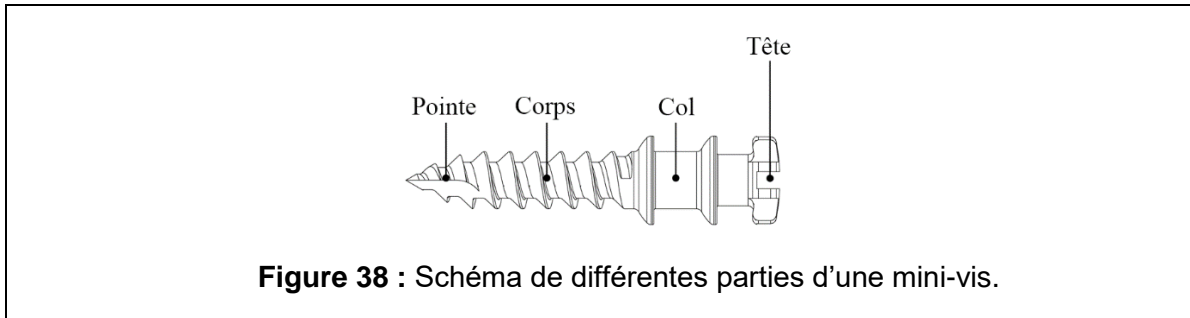
Le terme « SAS » (Skeletal Anchorage Systems ou systèmes d'ancrage squelettique) utilisé au Japon désigne les systèmes plus complexes de mini-plaques.

En réalité, la nature de l'interface os/implant (présence d'un certain taux d'ostéointégration pour les vis en alliage de titane) permet de retenir le terme « implant » de préférence à « vis » que nous jugeons moins approprié pour un usage médical. Le caractère temporaire étant évoqué par le préfixe « mini » ou « micro », ou par le qualificatif orthodontique.

2.2. Morphologie :

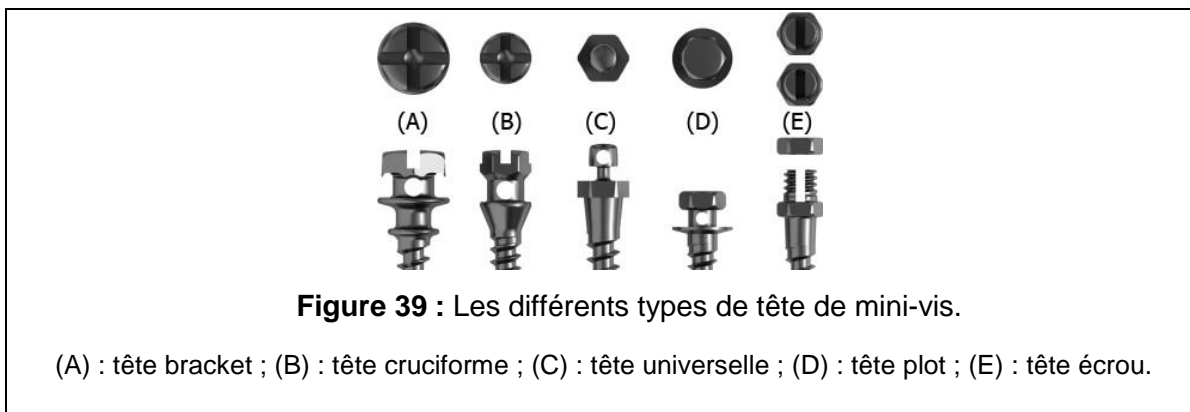
Quelle que soit le fabricant, les mini-vis à usage orthodontique présentent toutes la même conception macro-géométrique. Elles se composent d'une tête, d'un col transmuqueux, d'un corps et d'une pointe. Elles peuvent être de tailles et de formes

différentes selon les marques : on en trouve des coniques, des cylindriques et essentiellement des cylindro-coniques. Elles sont mises à disposition sous forme de kit d'utilisation avec tout le matériel nécessaire à sa pose et son retrait dans le but de faciliter le travail du praticien.



2.2.1. Tête :

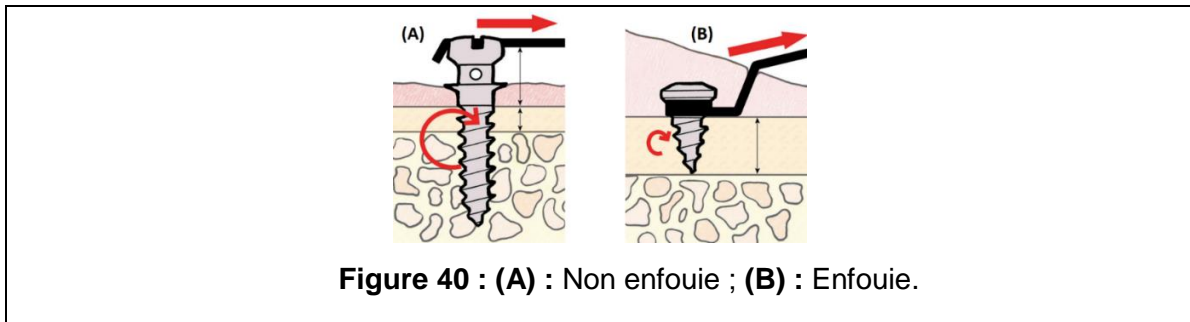
La tête d'une mini-vis orthodontique a deux fonctions : transmettre une force au corps et servir ensuite de point d'application à la force orthodontique engendrée. Son dessin est extrêmement varié selon les modèles : on trouve, entre autres, des boutons, des gorges, des brackets, des écrous, des perforations simples ou doubles et des têtes larges.



On peut les classer en 2 catégories :

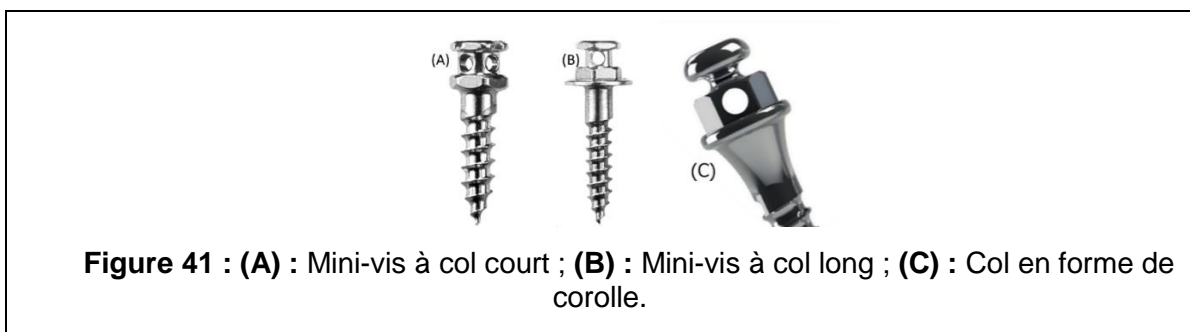
- Têtes à contrôle tridimensionnel (3^{ème} ordre) : la partie supéro-externe de la tête présente deux gorges comme une attache orthodontique et permet ainsi l'insertion d'un arc de section maximale
- Têtes constituant un point d'ancrage simple : comme un trou, un bouton, ou une gorge peuvent être utilisées avec une ligature pour empêcher des déplacements dentaires en maintenant la distance entre la vis et la dent.

On trouve également sur le marché des mini-vis sans tête, lorsque celle-ci est enfouie totalement sous la muqueuse libre. La connexion avec le système orthodontique se réalise donc uniquement avec des ligatures métalliques.



2.2.2. Col :

Il représente la partie transmuqueuse de la mini-vis. Il est parfaitement poli pour éviter l'inflammation gingivale et peut être plus ou moins haut en fonction de l'épaisseur gingivale. Il est généralement cylindrique en forme de corolle, pour éviter toute compression gingivale, améliorer l'adaptation du tissu muqueux autour de ce col et permettre une bonne cicatrisation. Certains fabricants ont rajouté une butée de profondeur au niveau du col pour limiter l'enfoncement de la mini-vis mais elle entraîne une plus grande compression gingivale. Le choix du col de la mini-vis se fera en fonction de l'épaisseur de la muqueuse gingivale du site à implanter.



2.2.3. Corps :

La forme générale du corps est cylindrique, afin de réduire les risques de lésions osseuses lors du vissage, et devient tronconique vers la pointe. L'ostéointégration n'étant pas souhaitée, l'état de surface des mini-vis est généralement lisse. La surface de certaines mini-vis peut être traitée par sablage/mordançage. La stabilité initiale dépend donc uniquement de la rétention mécanique.

D'autres facteurs interviennent sur le comportement biomécanique comme le pas de spire, qui peut être différent du col à la pointe, l'orientation de la spire et son dessin symétrique ou non, triangulaire, rectangulaire ou trapézoïdal avec un méplat.

2.2.4. Pointe :

Les mini-vis peuvent être non taraudantes, auto-taraudantes ou encore autoforeuses en fonction du pas de vis et du mode d'insertion recherché :

- Les vis non taraudantes : Elles sont utilisées dans les matériaux durs métal ou os cortical très dense. Leur mise en place nécessite au préalable la réalisation d'un taraudage complet du site afin de créer le filetage ;
- Les vis autoforeuses : Elles ne nécessitent ni avant-trou ni taraudage du site préalables car elles possèdent une pointe travaillante en tire-bouchon qui leur permet de pénétrer à travers les tissus gingivaux et la corticale osseuse.

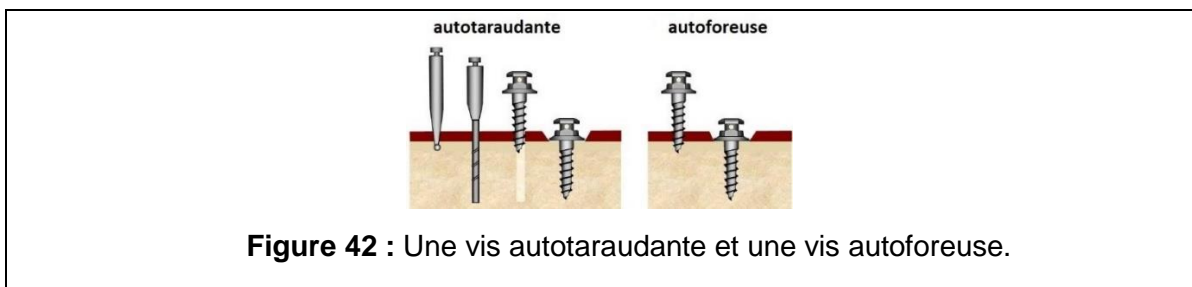


Figure 42 : Une vis autotaraudante et une vis autoforeuse.

2.3. Dimensions :

2.3.1. Longueur :

La longueur de la partie filetée, comprenant corps et pointe, est variable. Elle est généralement comprise entre 6 à 12 mm. Une vis longue est plutôt indiquée en présence d'une corticale fine afin d'améliorer la stabilité primaire. À l'inverse, en présence d'une corticale épaisse, une vis courte peut être utilisée.

Un ancrage intra-osseux de 10 mm est généralement recommandé. Cette longueur peut cependant être réduite en cas de proximité d'un obstacle anatomique ou en présence d'une corticale épaisse.



Figure 43 : Mini-vis de longueurs différentes.

2.3.2. Diamètre :

Le diamètre varie de 1,2 à 2 mm. Un diamètre de 1,6 mm est généralement recommandé. Les petits diamètres permettent une insertion moins risquée mais une moindre résistance mécanique. Des diamètres plus importants répartissent mieux les contraintes sur la vis comme sur l'os et semblent plus indiqués en présence d'une corticale épaisse.

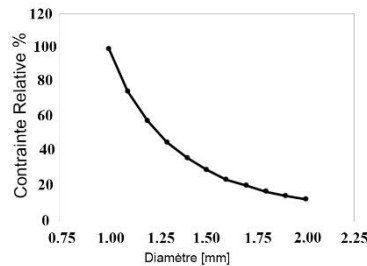


Figure 44 : Contrainte interne en fonction du diamètre de la mini-vis [29].

De plus, une étude a démontré que la contrainte mécanique maximale se situait essentiellement au niveau du col et de la tête de la mini-vis lors de sa dépose [30].

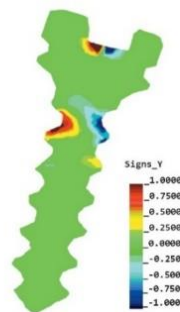


Figure 45 : Localisation des contraintes mécaniques lors de la dépose d'une mini-vis [29].

2.4. Matériaux :

Le matériau utilisé doit être biocompatible, non toxique, d'avoir des propriétés mécaniques et une stabilité suffisante pour une utilisation orthodontique tout en étant facile à retirer.

2.4.1. Titane :

La plupart des mini-vis sont à base de titane. Ce métal présente de nombreux avantages, tels que :

- La malléabilité avec absence de mémoire de forme,
- Une résistance mécanique adaptée,

- La biocompatibilité,
- L'amagnétisme avec une absence d'artefact sur les radiographies.

Le titane commercialement pur « TCP », son alliage le plus répandu est le Ti-6Al-4V. Il est composé de 90% de titane, 6% d'aluminium et 4% de vanadium. Ses propriétés mécaniques sont augmentées par rapport au TCP, sa densité est moindre et sa résistance à la corrosion est meilleure. Une version encore améliorée est disponible : le Ti-6Al-4V Eli (Extra Low Interstitials) alliant faible densité, excellente biocompatibilité, faible module d'élasticité, haute ténacité et meilleure ductilité cryogénique.



Figure 46 : Mini-vis en titane.

2.4.2. Acier :

Depuis quelques années, l'utilisation de mini-vis en acier inoxydable se répand de plus en plus afin de faciliter la dépose des mini-vis. En effet, il semblerait que l'acier soit plus résistant aux tests de rupture que le titane ^[31].

Le matériau est un acier chirurgical inoxydable austénitique écroui à froid. Sa couche superficielle d'oxyde de chrome lui confère sa résistance à la corrosion. Sa biocompatibilité est bonne et ses propriétés biomécaniques très intéressantes. En effet, sa ductilité rend l'acier plus déformable que les alliages à base de titane plus fragiles et donc plus cassants.



Figure 47 : Mini-vis en acier inoxydable.

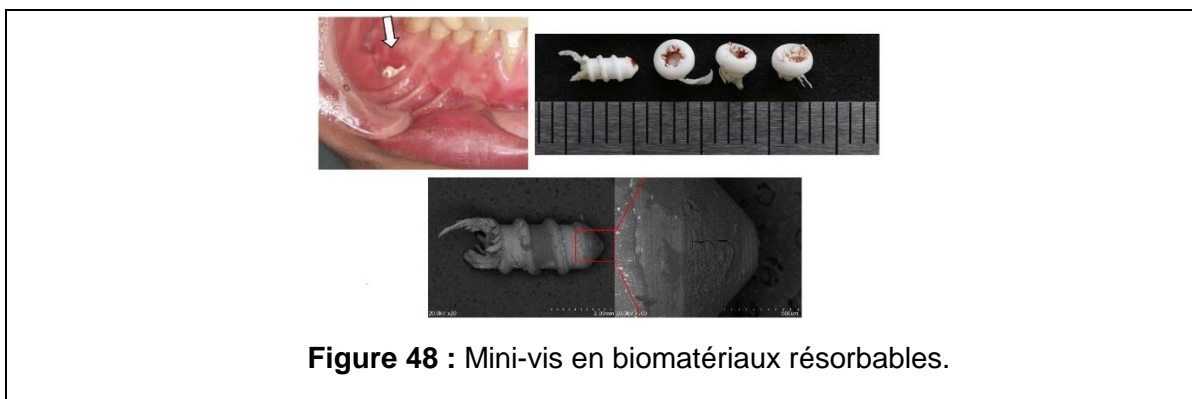
2.4.3. Biomatériaux résorbables :

Un copolymère résorbable a été proposé par **Ritto**. A base d'acides polylactique et polyglycolique, déjà utilisés en orthopédie, ce matériau aurait pour avantages théoriques :

- Biocompatibilité excellente

- Dégradation lente (absorption complète à 220j)
- Pas de dépose
- Absence de métal :
 - ✓ Limitation de certaines réactions allergiques
 - ✓ Corrosion inexistante
 - ✓ Pas d'artefact à l'imagerie

Toutefois, ce type de matériau n'est pas diffusé et reste expérimental. Aucune investigation n'a été menée pour tester ses propriétés physiques : seulement 2 avis d'auteurs et un rapport de cas clinique non terminé ont été retrouvés.



2.5. État de surface :

L'état de surface pour la partie intra-osseuse des mini-vis est lisse et n'est donc pas le même que celui d'un implant dentaire. En effet, l'ostéointégration est considérée comme un désavantage car elle complique la procédure de leur dépose [32]. La mise en place des vis orthodontiques étant temporaire, on recherche uniquement une stabilité mécanique lors de l'implantation grâce au contact avec l'os qui entoure la vis : on parle alors de fibrointégration [4].

La partie transmuqueuse et la tête de mini-vis doivent également être polie pour favoriser l'accès à l'hygiène, diminuer l'accumulation de la plaque et ainsi éviter l'apparition d'inflammation au niveau des tissus péri-implantaires pouvant conduire à l'échec de ces ancrages squelettiques temporaires [33].

3. Ancillaire et consommables :

Les différents fabricants proposent généralement un tournevis manuel, une fraise-pointeur permettant de réaliser un avant-trou, des forêts, une clé à cliquet et des mandrins adaptables sur le tournevis ou sur contre-angle (Figure 49).

L'adaptation entre la cloche et la tête de vis est capitale pour éviter un forage en torsion. Cette adaptation a été améliorée par un porte-vis munie d'un système de serrage.



Figure 49 : Différents types de tournevis.

4. Conditionnement :

Les mini-vis sont proposées sous emballage stérile individuel conforme aux normes CE, ou sous emballage individuel non stérile.



Figure 50 : À gauche mini-vis sous emballage stérile ; à droite mini-vis sous emballage non stérile comportant les recommandations pour la stérilisation.

Les fabricants proposent des trousse autoclavables comportant l'ancillaire auxquelles le praticien peut adjoindre un panachage de mini-vis configuré selon ses besoins.



Figure 51 : Trousse autoclavable contenant des mini-vis sélectionnées par le praticien et l'ancillaire.

5. Cahier des charges

5.1. Impératifs mécaniques :

1. La conception doit permettre la pose et la dépose faciles.
2. Les dimensions, diamètre et longueur, doivent permettre de s'adapter à l'anatomie du site implantaire, ceci étant imposé par les impératifs mécaniques du traitement.
3. Le col doit avoir une hauteur adaptée à l'épaisseur gingivale et une morphologie permettant un sertissage gingival.
4. La résistance mécanique en torsion doit éviter la déformation et la fracture à la pose ou à la dépose.
5. La stabilité doit être suffisante pour contrer les forces et couples de résistance et assurer ainsi l'ancrage.
6. La morphologie de la tête doit être compatible avec le système de connexion.
7. Enfin, la résistance au cisaillement et à la flexion doit permettre d'éviter le phénomène de fatigue cyclique du matériau, notamment sous l'effet de forces lourdes orthopédiques.

5.2. Impératifs biologiques :

1. Biocompatibilité du matériau : évitant corrosion et susceptibilités allergiques.
2. Ostéointégration : propriété non recherchée mais observable selon le matériau, et ce d'autant plus pour des durées importantes. Le phénomène peut contrarier la dépose. **Ellouze** et **Darqué** parlent de « fibrointégration » avec une faible proportion d'interface osseuse (25 à 40%) [34].

3. Morphologie atraumatique et état de surface lisse de la tête pour respecter les tissus mous et éviter : irritation, inflammation et rétention alimentaire et de plaque dentaire.
4. Conditionnement stérile individuel aux normes CE.

5.3. Impératifs pratiques :

1. La forme et le volume de la tête doivent favoriser le confort du patient et une connexion facile au dispositif d'activation orthodontique (ressort, ligatures, modules élastomérique, traction élastique, arcs orthodontique), voire à deux dispositifs simultanés.
2. Certains systèmes proposent une capsule destinée à être emboîtée sur la tête pour en améliorer le confort et la rétention.
3. Des mini-vis à tête amovible peuvent présenter un intérêt clinique dans certaines indications. La tête est alors vissée ou dévissée pour permettre la fixation ou le remplacement aisé d'un auxiliaire orthodontique.

Tout en répondant à ces exigences, le praticien doit sélectionner un diamètre et une longueur de la partie filetée les plus appropriés aux facteurs individuels (épaisseur de la corticale, densité osseuse, espace interarticulaire, sinus).

6. Les systèmes disponibles sur le marché algérien :

	Ortho Implanto 3M Unıtec	Bio-ray	Leone	RMO
Matériau	Titane	Titan / Acier	Acier	Titane
Diamètre	1.8 mm	1.3 / 1.4 / 1.5 / 2 mm	1,5 à 2 mm.	1.4 / 1.6 / 2 mm
Longueurs	6 / 8 / 10 mm	5 / 7 / 8 / 10 / 12 / 14 mm.	6/ 8/ 10/12 mm	6 / 8 / 10 / 12 mm

CHAPITRE 2

L'UTILISATION CLINIQUE DES MINI- VIS

1. La biomécanique des mini-vis ^[35] :

En supprimant la réaction sur l'unité d'ancrage, les mini-vis génèrent une nouvelle donne, nécessitant la maîtrise de nouveaux paramètres qui détermineront notamment la ligne d'action de la force appliquée à partir des mini-vis et l'incidence sur le contrôle des zones antérieurs-postérieurs du plan d'occlusion :

- La hauteur et la position du ou des mini-vis par rapport au plan de l'arc ;
- La hauteur du point d'ancrage sur l'arc et sa position relative par rapport au centre de résistance des groupes de dents à déplacer et à celui de l'arcade ;
- Les informations transmises par l'arc et/ou par les attaches ;

Pour simplifier l'analyse de ces paramètres, on va raisonner sur la rétraction en masse (secteur incisivo-canin) maxillaire avec extraction de premières prémolaires, par une mécanique de glissement réalisée sur arc rigide (19 x 25 acier), la mini-vis étant situé entre 5 et 6.

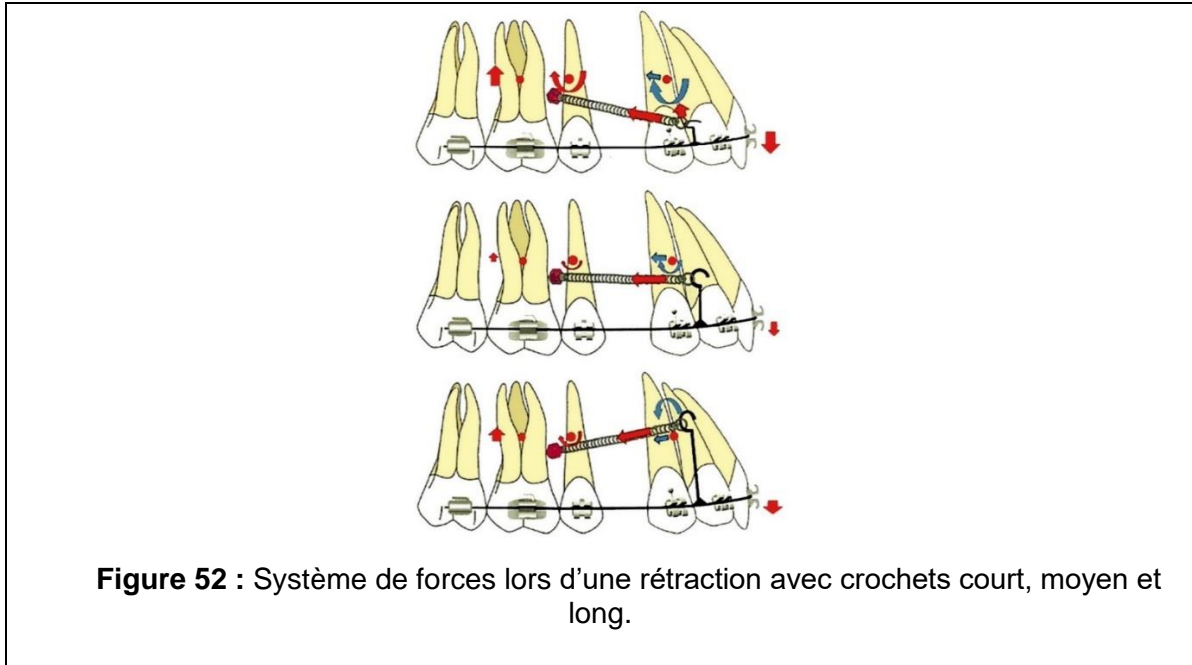
1.1. Le positionnement vertical des Mini-vis :

Il dépend des conditions anatomiques (espace inter-radicaire, hauteur alvéolaire et hauteur de la gencive attachée), qui imposent le plus souvent une position moyenne de la mini-vis (08 mm par rapport au plan de l'arc). Il est donc préférable d'agir sur les autres paramètres.

1.2. Longueur du crochet d'activation :

- Avec un crochet court (02 mm du plan de l'arc), la ligne d'action de la force passe très en dessous de CR des dents antérieur s'accompagnant d'une linguoversion incisive indiquée dans les cas de version corono-vestibulaire (classe 2 division 1, biproalvéolie).
- Un crochet de longueur moyenne (08 mm du plan de l'arc) générera un vecteur plus horizontal, n'occasionnant pas de rotation importante du plan d'occlusion maxillaire et sera indiqué en présence d'une position optimale des incisives. La mini-vis étant légèrement au-dessous du CR de l'arcade, la ligne d'action de la force induira toutefois une faible rotation horaire qui peut provoquer une linguoversion des incisives.
- Avec un crochet long (12 mm par rapport au plan de l'arc) la ligne d'action de la force passe au-dessus du CR des dents antérieur, générant un effet de torque radiculo-palatine, qu'on recherche par exemple dans un cas de

classe 2, division 2. L'arcade subit dans cette configuration une légère rotation horaire par égression antérieure, qui sera contrôlée par l'ajout d'un arc d'ingression ou de mini-vis antérieur.



1.3. Action des arcs :

Le contrôle des effets induits par la rétraction sur mini-vis peut être assuré en partie par les informations délivrées par l'arc et les attaches :

- Incorporation de torque ;
- Courbe de Spee ;
- Arc auxiliaire d'ingression ;
- Courbures du premier ordre.

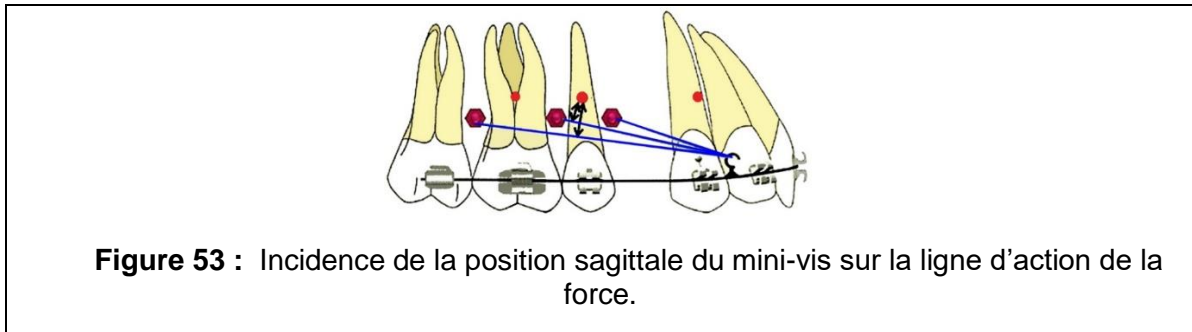
1.4. Contrôle globale des arcades :

L'interdépendance des zones antérieure et postérieure, dans le cadre d'une mécanique globale d'arcade, induit une rotation de l'ensemble de l'arcade, avec un effet intrusif sur les molaires et extrusif sur les incisives.

L'intensité de la force et le moment, induit par la distance de sa ligne d'action par rapport au centre de résistance de l'arcade, détermineront l'amplitude de cette rotation horaire (Figure 53). Plus cette distance est importante (crochet court, mini-vis plus distal), plus le moment généré sur l'arcade entière sera important, accentuant sa rotation horaire. Cette rotation doit être considérée sur la base de diagnostic et du plan de traitement. Elle peut contribuer dans certaines indications

à la fermeture d'une béance antérieure par ingression postérieure et égression antérieure.

En présence d'une typologie normo- ou hypo-divergente. L'action intrusive postérieure devra toutefois être contrecarrée avec des élastiques verticaux postérieur ou en fixant la distance verticale de la molaire à la mini-vis.



En présence d'un sourire gingival, il conviendra également de veiller à annihiler l'effet extrusif antérieur par l'ajout de mini-vis antérieur.

Le site plus mésial 4/5 associé à un crochet court permettra souvent à la ligne d'action de la force d'être plus proche de centre de résistance globale de l'arcade, assurant de ce fait un meilleur contrôle vertical antérieur et postérieur, minimisant les moments de rotation sur l'arcade. Ce contrôle vertical molaire en fait un site particulièrement recommandé chez hyperdivergent.

Le groupe antérieur peut en revanche, subir une importante linguoversion, en particulier avec un crochet court allongeant la distance de point d'application de la force au CR du groupe antérieur. Cette position de la mini-vis sera par conséquent plus adaptée en présence d'une vestibuloversion des incisives : classe 2 d1, biproalvéolies, (Figure 54).

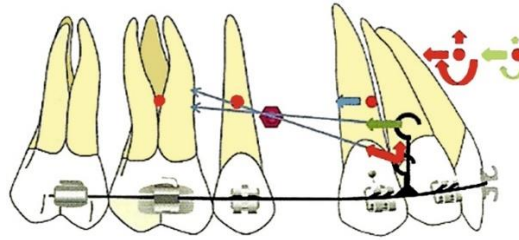


Figure 54 : Incidence de la longueur du crochet d'activation sur la ligne d'action de la force.

Pour une mini-vis plus mésial entre 4 et 5 avec un crochet court, la ligne d'action de la force passe plus près du centre de résistance de l'arcade et permet un meilleur contrôle vertical antérieur et postérieur, mais avec une plus grande difficulté à contrôler le torque antérieur (en rouge : forces et moments au niveau du CR antérieur). Un crochet plus long permet de limiter la linguoversion des incisives (en vert), mais accentue les moments de bascule de l'arcade en éloignant la ligne d'action de la force CR global.

1.5. Ancrage direct/indirect :

L'ancrage direct utilise des mini-vis seules pour obtenir des mouvements souhaités, mais l'ancrage indirect est utilisé pour renforcer l'unité d'ancrage en la solidarissant à la mini-vis par une liaison passive, par collage ou par ligature.

Les mini-vis sont généralement utilisées en ancrage direct. Leur utilisation en ancrage indirect présente également certains avantages, voire être l'unique solution.

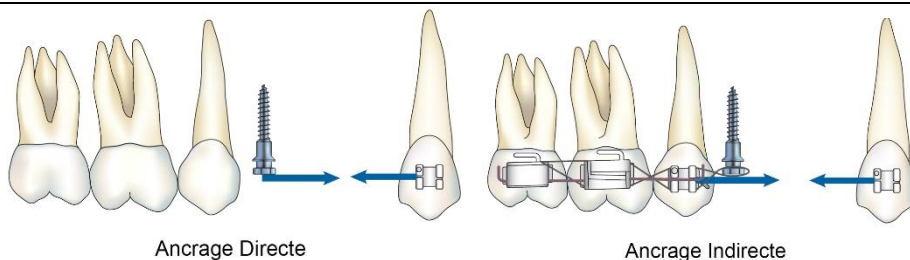


Figure 55 : Ancrage direct et indirect par mini-vis.

2. Sites d'insertion :

Le choix du site doit s'effectuer après l'évaluation de certains paramètres ^[4] :

- Absence de risque de lésion d'un élément anatomique ;
- Déplacements dentaires recherchés ;
- Accessibilité du site ;

- Observations qualitative et quantitative des tissus mous et des tissus durs (notamment épaisseur de l'os cortical) ;
- Gène pour le patient ;
- Rapport bénéfice/risque/coût.

2.1. Considérations anatomiques :

2.1.1. Au maxillaire :

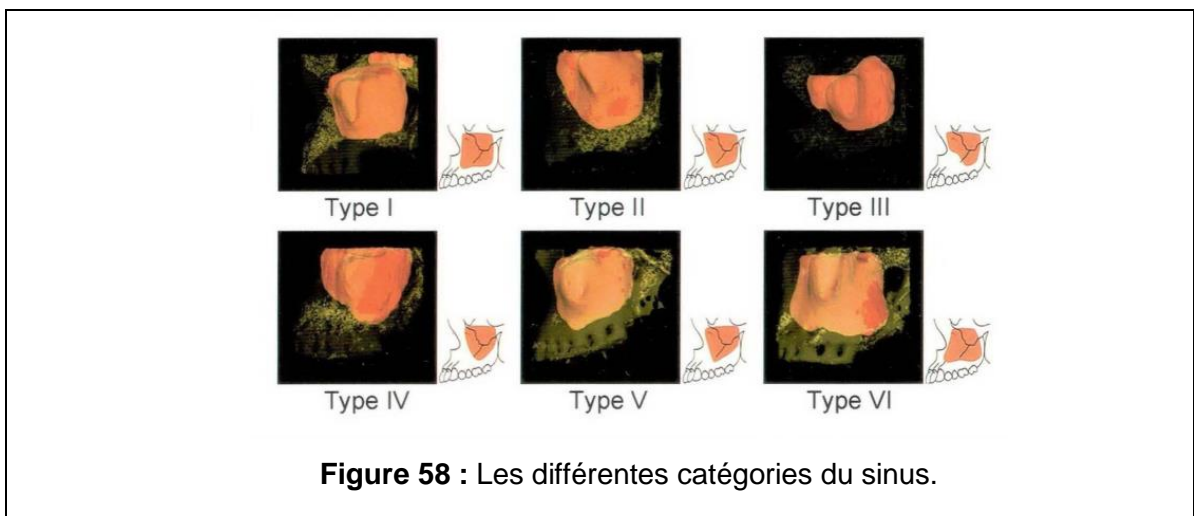
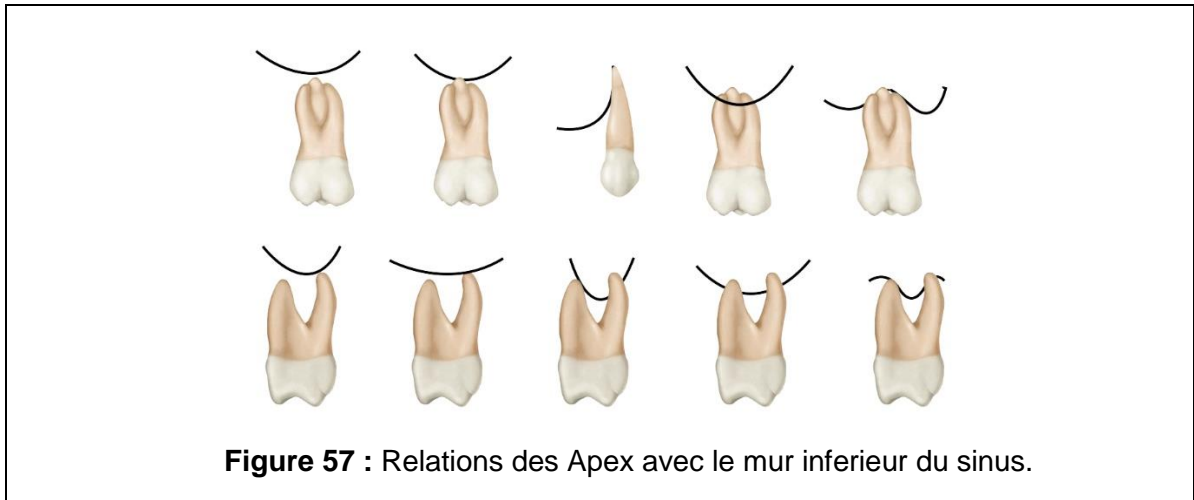
2.1.1.1. Le sinus maxillaire :

Chez l'adulte, la taille et la morphologie du sinus maxillaire sont variables d'un individu à l'autre et d'un côté à l'autre chez le même individu, avec des valeurs extrêmes allant de 5 à 20 cm³. La cavité sinusienne est régulière, recouverte d'une membrane type respiratoire. Elle peut cependant présenter des cloisonnements avec des prolongements alvéolaires pouvant s'immiscer entre les racines dentaires.



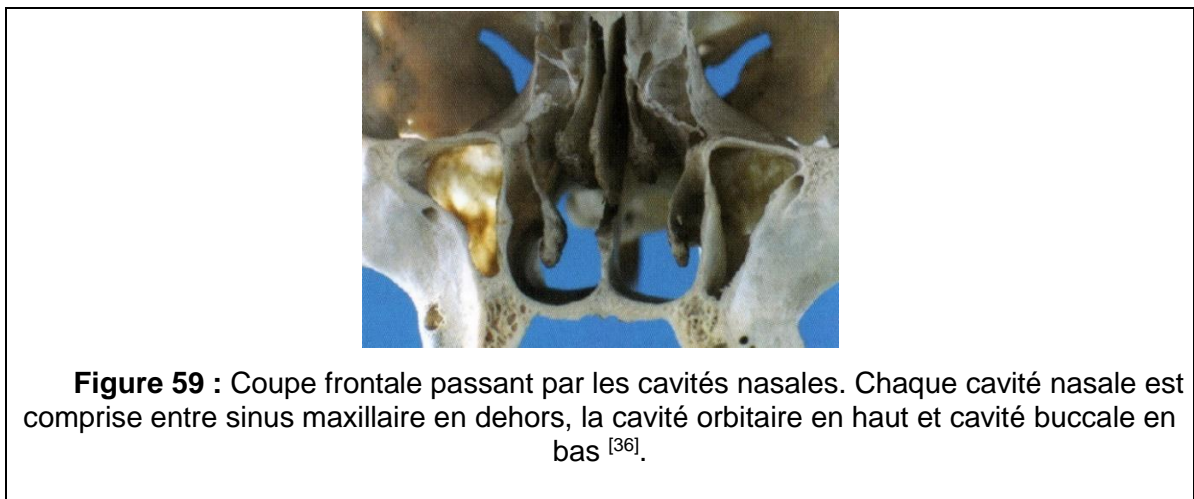
Figure 56 : Coupe anatomique passant par une molaire et montrant un prolongement inter radiculaire du sinus maxillaire ^[36].

L'intimité de relation entre la paroi inférieure du sinus et les racines des dents antrales est un facteur à évaluer lors de la mise en place de la mini-vis (Figure 57). La topographie de la paroi inférieure du sinus avec les apex des dents varie selon l'âge individuel ; la taille et le degré de pneumatisation du sinus. Cette variété topographique a permis de classer le sinus maxillaire en six catégories suite à une séquences d'images tri-dimensionnelles (Figure 58).



2.1.1.2. Cavité nasale :

Les deux cavités nasales représentent le début des voies respiratoires. Elles se situent au-dessus de la cavité buccale et en dedans des cavités orbitaires et des sinus maxillaires.



2.1.1.3. Artère palatine descendante :

L'artère palatine descendante prend en charge l'ensemble de la vascularisation de la muqueuse palatine. C'est la branche collatérale de l'artère maxillaire qui émerge au niveau du foramen grand palatin dans la partie postéro-latérale du palais osseux, en regard de la première ou de la deuxième molaire.

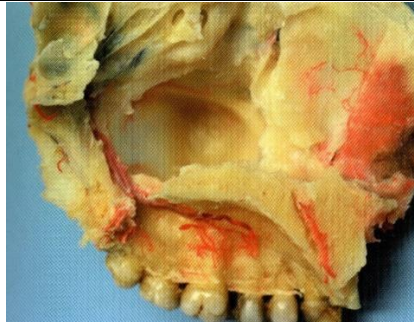


Figure 60 : Coupe para-sagittale du massif maxillo-facial après injection du réseau artériel, montrant la sortie de l'artère palatine descendante du foramen grand palatin.

2.1.1.4. Nerf grand palatin :

Le nerf grand palatin est une branche collatérale du nerf sphéno-palatin. Dès qu'il émerge du foramen grand palatin se ramifie antérieurement pour assurer l'innervation sensitive de la muqueuse palatine (Figure 61).

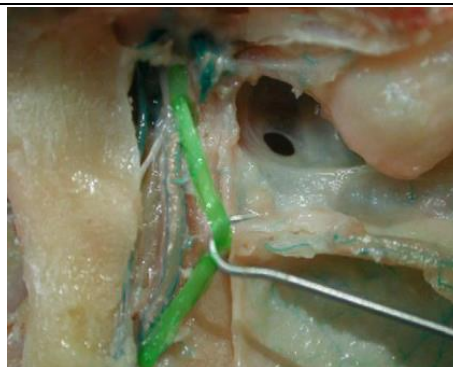


Figure 61 : Dissection du conduit grand palatin montrant les éléments du pédicule : nerf grand palatin (accroché en vert).

2.1.1.5. Espaces inter-radiculaires :

Une erreur d'appréciation de l'espace inter-radiculaire disponible ou une insertion selon un mauvais axe risquerait de provoquer un traumatisme desmodontal ou radiculaire. Poggio et al ^[37] ont étudié sur des coupes

tomodensitométriques les espaces inter-radiculaires disponibles dans les secteurs postérieurs. Dans le sens mésio-distal, ils ont ainsi défini :

- ❖ Des « zones de sécurité » :
 - Entre la 2ème prémolaire et la 1ère molaire au maxillaire, du côté palatin, à 5 mm de la crête alvéolaire.
 - Entre la 1ère prémolaire et la 2ème prémolaire à la mandibule.
- ❖ Des « zones de risques » :
 - La tubérosité maxillaire ;
 - L'espace entre la canine et la 1ère prémolaire mandibulaire.

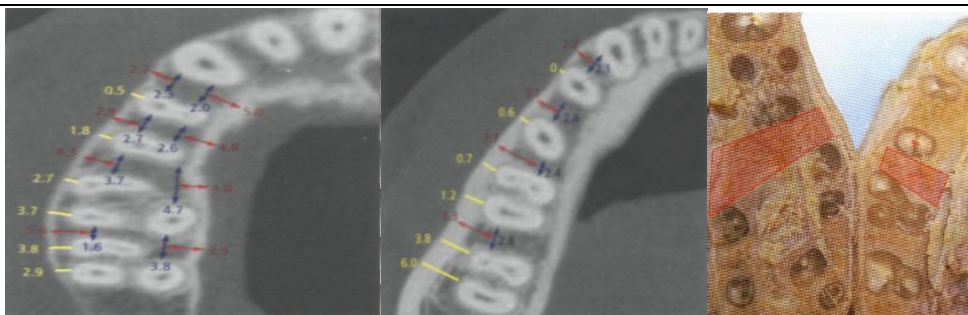


Figure 62 : Coupe axiale des maxillaires passant par les racines dentaires, objectivant les variations interindividuelles des espaces inter-radiculaires.

2.1.2. À la mandibule :

2.1.2.1. Paquet vasculo-nerveux alvéolaire inférieur :

La situation du paquet vasculo-nerveux alvéolaire inférieur (Figure 63) par rapport aux apex des dents mandibulaires varie d'un individu à l'autre.

Le paquet vasculo-nerveux alvéolaire inférieur chemine au sein de l'os spongieux et n'est pas protégé par une corticale, ce qui le rend vulnérable aux différents éléments mécaniques pouvant l'atteindre, tout contact avec la mini-vis est à proscrire.



Figure 63 : Vue médiale montre les rapports de l'artère alvéolaire inférieur et du nerf alvéolaire inférieur.

2.1.2.2. Foramen mentonnier :

Le foramen mentonnier se situe généralement à l'aplomb de la racine de la première ou de la deuxième prémolaire. Il est l'orifice de sortie du canal mandibulaire et livre passage aux vaisseaux mentonniers et au nerf mentonnier. Sa situation varie selon les individus et l'âge. Chez l'édenté, il devient proche du bord supérieur de la mandibule et parfois même déhiscent.

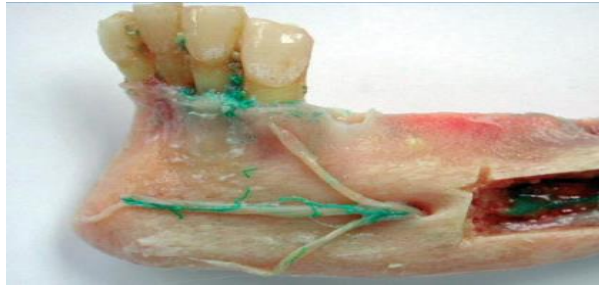


Figure 64 : Mandibule fraîche disséquée, en vue latérale, montrant l'émergence du pédicule mentonnier ^[36].

2.1.2.3. Nerf Lingual :

Le nerf lingual assure l'innervation sensitive de la langue, après un trajet commun avec le nerf alvéolaire inférieur, il aborde le creux sublingual dans sa région postérieure et chemine le long de la table osseuse linguale, en regard de la troisième molaire mandibulaire, puis se dirige en avant et en dedans pour s'introduire dans la langue.

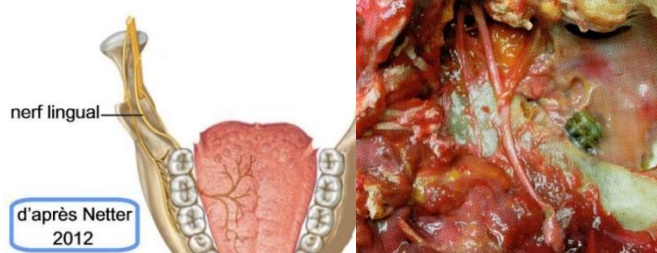


Figure 65 : Les deux images montre le chemin du nerf lingual.

2.1.2.4. Espaces inter-radiculaires :

Les espaces inter-radiculaires sont le plus souvent restreints dans la région incisivo-canine et s'élargissent en direction distale.



Figure 66 : Les espaces inter-radicaux s'élargissent dans les secteurs prémolaires et molaires mandibulaires [38].

2.2. L'apport de la radiographie :

2.2.1. Panoramique dentaire :

C'est l'examen radiologique que l'on réalise de façon quasi-systématique en début de traitement. Il fournit une vue d'ensemble de la situation (Figure 67). Il permet d'avoir une connaissance approximative du volume osseux et de réaliser une estimation de la position des obstacles anatomiques : sinus maxillaire, fosses nasales, paquet vasculo-nerveux alvéolaire inférieur, etc. C'est un examen nécessaire mais souvent insuffisant. L'image ne permet que l'exploration de deux dimensions, avec une déformation et un agrandissement qui varient d'un générateur à l'autre. Il ne permet aucune évaluation de l'épaisseur de la crête osseuse.

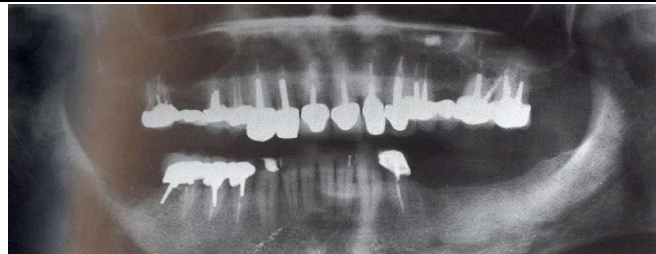


Figure 67 : Le panoramique dentaire est insuffisant pour évaluer précisément les conditions osseuses.

2.2.2. Bilan rétro-alvéolaire :

Il permet d'affiner le diagnostic pré-implantaire, d'évaluer la distance entre les racines et la hauteur des crêtes osseuses.

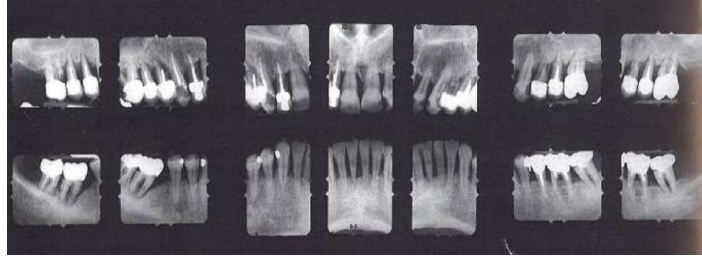


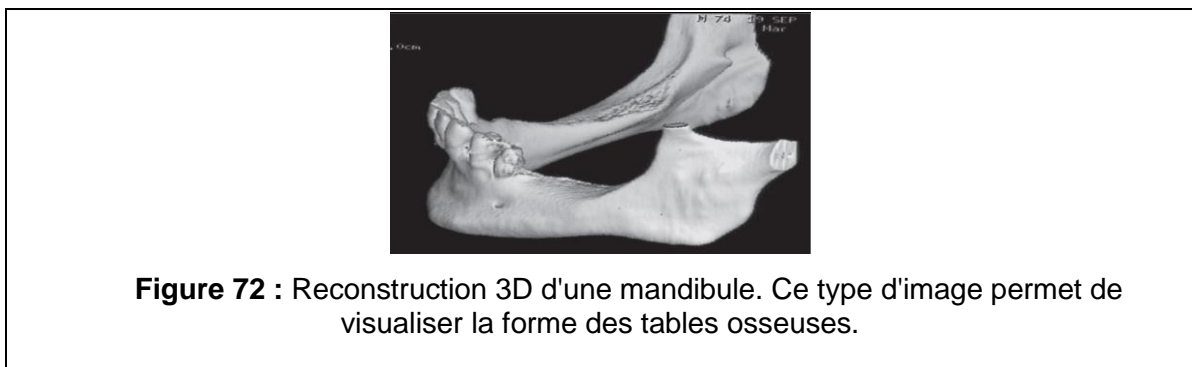
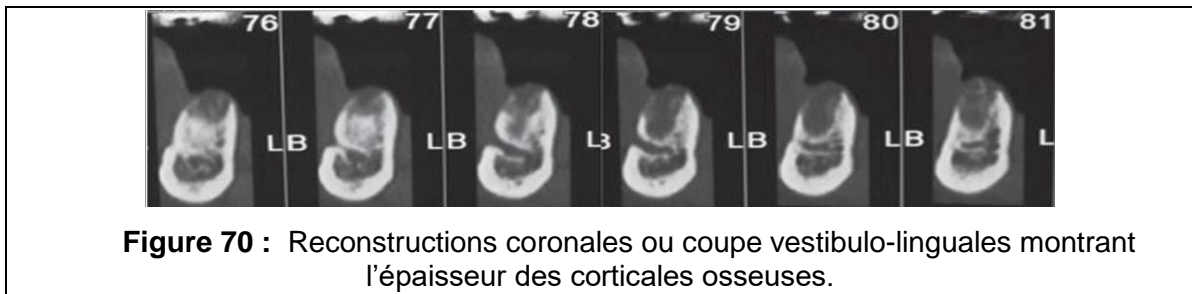
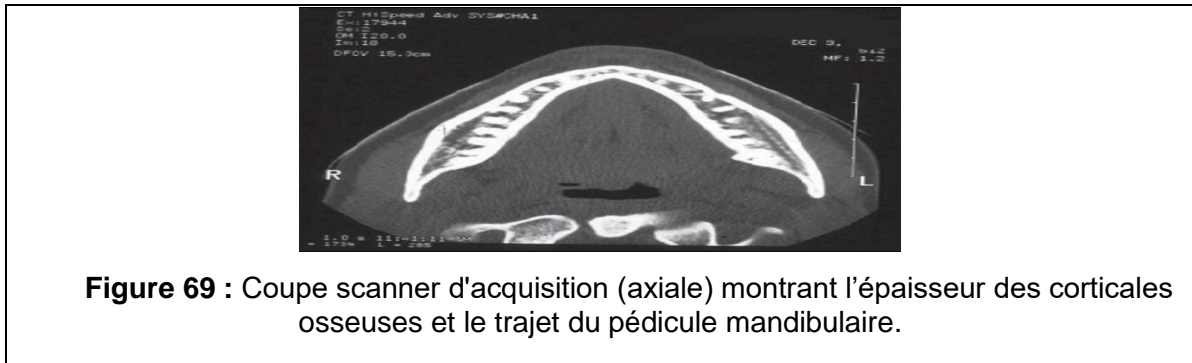
Figure 68 : Le bilan rétro-alvéolaire.

2.2.3. La tomодensitométrie :

Le scanner est un examen d'imagerie dentaire permettant d'avoir une visualisation directe du site osseux dans les trois dimensions de l'espace. Le scanner est une technique extra-orale qui permet la réalisation dans le plan axial (horizontal) d'une pile de coupes de 1 mm d'épaisseur tous les 0.5mm. Ce sont des coupes extrêmement précises, dites coupes d'acquisition.

Les reconstructions les plus habituelles sont les reconstructions coronales, panoramiques et les reconstructions tridimensionnelles volumiques 3D. Pour l'insertion des mini-vis au niveau des maxillaires l'étude radiologique permet :

- Des reconstructions axiales (Figure 69) permettent de mesurer la distance inter-radicaire à différentes hauteurs de l'arcade.
- Des coupes coronales (Figure 70) permettent de mesurer :
 - L'épaisseur de la corticale osseuse du site.
 - La largeur et la hauteur d'os disponible et en repérer les limites.
- Des reconstructions panoramiques (Figure 71) nous permettent d'avoir une vue d'ensemble des maxillaires afin d'estimer la position de certains obstacles anatomiques : Sinus maxillaire, fosses nasales, paquet vasculo-nerveux alvéolaire inférieur, trou mentonnier etc.
- Des reconstructions 3D (Figure 72) des maxillaires permettent de visualiser la forme des tables osseuses ainsi que la forme générale de la mandibule.



2.2.4. La tomographie volumique par faisceau conique (Cône Beam) :

Le haut dosage a longtemps été un obstacle majeur à l'utilisation du scanner en dentisterie implantaire. Le « Cône Beam » peut être considéré comme un outil diagnostique alternatif pour l'évaluation pré-opératoire de la densité osseuse, en

particulier puisque la dose d'irradiation est minimale. Cet examen est un tomographe numérisé, exclusivement destiné à l'imagerie du massif facial et des dents. Il permet d'obtenir des images en 2D en orientations axiale, panoramique et transversale, au coefficient d'agrandissement de 1 et sans distorsion. Les images, comparables à celles obtenues avec un scanner X, sont adaptées aux bilans implantaires.

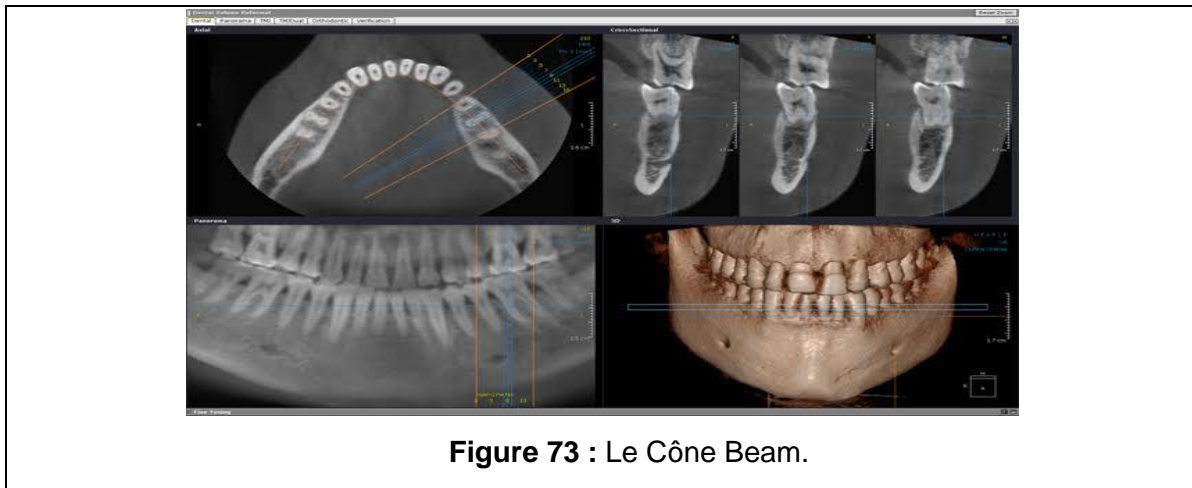


Figure 73 : Le Cône Beam.

2.3. Les différents sites d'insertion :

2.3.1. Les sites d'insertions inter radiculaire

2.3.1.1. Au maxillaire :

2.3.1.1.1. Versants vestibulaires antérieurs :

Le plus grand avantage de ce secteur est la très bonne accessibilité.

- Indications : Ingression incisive ou contrôle du torque antérieur. (Figure 74).
- Anatomie : le muscle abaisseur du septum nasal et de l'aile du nez s'insérant au niveau de la fosse incisive, en regard des apex, cette localisation est souvent gênante pour le patient.
- Précautions : cette région se caractérise par l'étroitesse des espaces inter-radiculaire, une faible épaisseur d'os spongieux associée à une corticale fine, en contact direct avec les racines dentaires (Figure 75).

Des diamètres de 1,6 à 2 mm et des longueurs de 6 à 8 mm sont le plus souvent indiqués.

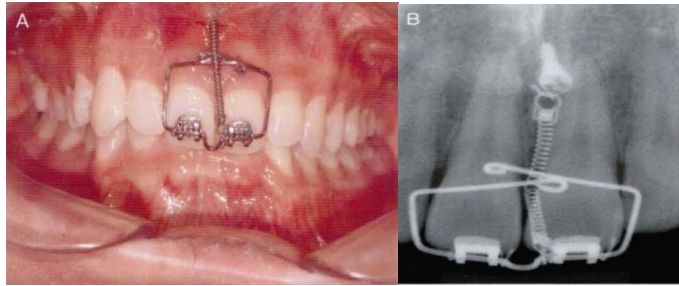


Figure 74 : L'espace inter radriculaire entre les deux centrales supérieures ; Une mini-vis de 1.6x6mm est insérée entre les deux centrales entraînant leur ingression.



Figure 75 : Coupe scanner axiale montrant l'étroitesse des espaces inter-radriculaire, une faible épaisseur d'os spongieux ^[36].

2.3.1.1.2. Versants vestibulaires postérieurs :

- Indication : Distalisation molaire, rétraction en masse du secteur antérieur ou ingression molaire. (Figure 76)
- Anatomie : Le principal avantage de ce site est son accessibilité, sa corticale osseuse est fine mais permet d'assurer une stabilité primaire suffisante.
- Précautions : Le risque d'une pénétration intra-sinusienne ou radriculaire sera prévenu par une étude radiologique rigoureuse et un axe d'insertion perpendiculaire à la table osseuse (Figure 77).

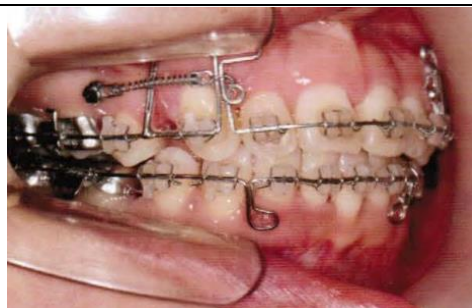


Figure 76 : L'espace inter radriculaire entre la deuxième prémolaire et la première molaire coté vestibulaire.

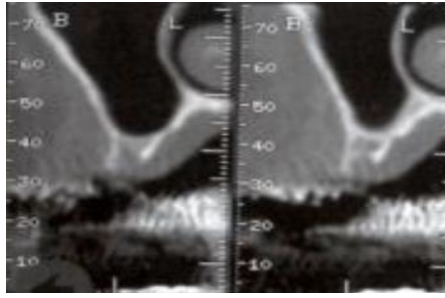


Figure 77 : Coupe scanner frontale passant par le secteur maxillaire postérieur droit et montrant la faible épaisseur osseuse et la proximité du sinus maxillaire ^[39].

2.3.1.1.3. Zone palatine paramédiane :

On exclura la zone rétro-incisive (Figure 78) en raison de la présence du foramen incisif augmentant le risque de perte d'ancrage. Le site palatin bénéficie d'un os cortical épais et d'une muqueuse épaisse, associés à un encombrement radiculaire modéré.

- Indications : Elles sont nombreuses à savoir l'ingression molaire, la constriction d'arcade, le recul en masse ou encore la mésialisation molaire. On optera également pour un site palatin lorsqu'une importante efficacité biomécanique est requise par nos besoins thérapeutiques.
- Anatomie : les éléments à respecter sont le sinus maxillaire, l'artère palatine descendante et le nerf grand palatin. La configuration en réseau de l'artère palatine favorisera le saignement per-opératoire, contrôlable par simple compression.
- Précautions : La mini-vis sera préférentiellement placée dans l'espace compris entre la deuxième prémolaire et les racines de la première molaire, d'une largeur d'environ 4 mm, tout en prenant compte des variations anatomiques possibles (forme des racines et des malpositions dentaires). Une éventuelle lésion artérielle ne provoquera pas pour autant de nécrose muqueuse, du fait d'une vascularisation complémentaire riche (Figure 79).

Des diamètres de 1,8 à 2 mm et des longueurs de 7 à 9 mm sont le plus souvent indiqués.



Figure 78 : Zone de sécurité en bleu appropriée à la mise en place des vis sur la zone palatine paramédiane ^[4].



Figure 79 : L'espace compris entre la deuxième prémolaire et les racines de la première molaire.

2.3.1.2. À la mandibule :

2.3.1.2.1. Versants vestibulaires antérieurs :

- Indication : égression du bloc incisivo-canin et protraction des molaires inférieures (Figure 80).

Malgré une bonne densité osseuse (Figure 81), cette zone est peu exploitée en raison de la gêne causée par le frottement de la lèvre inférieure sur la mini-vis et la faible largeur des espaces inter-radiculaires.



Figure 80 : Insertion inter-radiculaire entre l'incisive latérale inférieure et canine, utilisé pour une protraction molaires.



Figure 81 : Mini-vis insérée au niveau du versant vestibulaire antérieur.

2.3.1.2.2. Versants vestibulaires postérieurs :

- Indication : Recul du bloc antérieur, ingression/mésialisation molaire, expansion dans le but de corriger un inversé d'articulé (Figure 82).
- Anatomie : il sera nécessaire de préciser la position du foramen mentonnier par un cliché rétro-alvéolaire. Aussi, on prendra en compte l'existence de la ligne buccinatrice, zone d'insertion du muscle buccinateur dans laquelle on évitera d'insérer une mini-vis. Il faudra proscrire toute position trop apicale du dispositif (irritation des tissus mous par la musculature péri-buccale...).
- Précaution : l'os cortical étant généralement épais (Figure 83), on prendra garde aux élévations de température lors de la pose, en s'autorisant parfois un pré-forage du site.



Figure 82 : Insertion inter radiculaire entre la seconde prémolaire inférieure et la première molaire.



Figure 83 : Mini-vis insérée au niveau du versant vestibulaire postérieur.

2.3.2. Sites d'insertions extra radicaire :

2.3.2.1. Au maxillaire :

2.3.2.1.1. Tubérosité maxillaire :

- Indications : Distalisation, redressement d'axe molaire ; intrusion molaire (Figure 84)
- Anatomie : en raison du volume sinusien, la quantité d'os peut s'avérer insuffisante ; il faudra également garder à l'esprit le passage de l'artère alvéolaire supéro-postérieure.
- Précautions : c'est un site très difficile d'accès ne permettant pas un positionnement précis du dispositif, avec souvent une très faible densité osseuse compromettant la stabilité primaire (Figure 85).

Des diamètres de 1,8 à 2 mm et des longueurs de 7 à 10 mm sont le plus souvent indiqués.



Figure 84 : Insertion tubérositaire ^[36].



Figure 85 : L'os de la tubérosité maxillaire de qualité moindre ^[36].

2.3.2.1.2. Suture palatine :

- Indications : en tant qu'ancrage direct pour la protraction molaire, et comme ancrage indirect lorsque la mini-vis est reliée aux dents par un arc transpalatin.

- Anatomie : zone fortement corticalisée (Figure 86), ce qui améliore la stabilité primaire mais engendre un traumatisme chirurgical conséquent, voire une fracture de la vis.
- Précautions : zone faiblement vascularisée, ce qui entrave la bonne cicatrisation du site ; accessibilité délicate et inconfort pour le patient, on privilégiera donc une position paramédiane. Il faut savoir également que la suture palatine est une zone de croissance non exploitable chez l'adolescent.

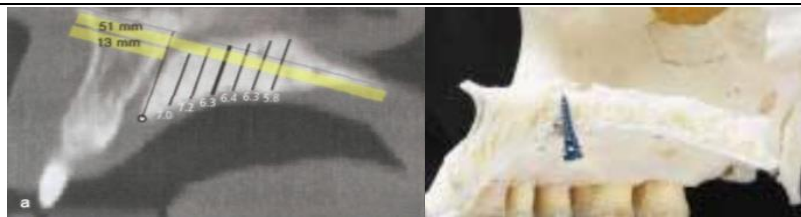


Figure 86 : L'épaisseur d'os cortical permet de placer une mini-vis au niveau de la suture palatine [4].



Figure 87 : Une mini-vis insérée pour provoquer l'intrusion des molaires lors du traitement d'un open bite antérieur.

2.3.2.1.3. La crête infra-zygomatique :

- Indications : la crête est un site commun pour l'insertion des mini vis pour la rétraction substantielle de l'arcade maxillaire et pour rétracter les molaires maxillaires [40].

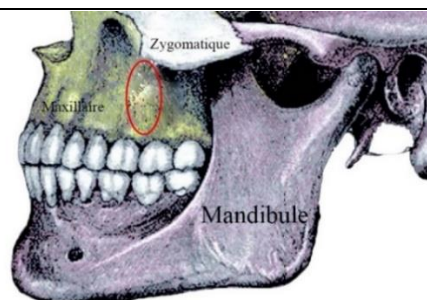


Figure 88 : Les positions pratiques pour une mini vis sur la crête zygomatique.

- Anatomie : Il est important d'examiner attentivement l'anatomie du site, le sinus maxillaire est à proximité [3,5-7,5] mm, une angulation de 55-70° est nécessaire pour éviter les racines des molaires.

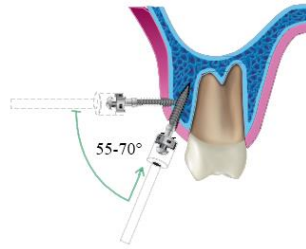


Figure 89 : Emplacement de la mini vis au niveau de la crête zygomatique.

- Précautions : L'irritation des tissus mous est un problème courant si la face inférieure du col est en contact ou près de la muqueuse. Pour contrôler ce problème, les mini vis sont placées dans la gencive attachée avec 1,5mm de dégagement entre les tissus mous et le col.

2.3.2.2. À la mandibule

2.3.2.2.1. Région rétro-molaire :

- Indications : distalisation molaire, redressement d'axe molaire.
- Anatomie : il faudra contrôler la position du nerf alvéolaire inférieur par un cliché panoramique et penser au passage du nerf lingual contre la table osseuse (Figure 90). Aussi l'examen clinique devra évaluer l'espace vertical rendu disponible par la tubérosité ou la dent antagoniste.
- Précautions : un pré-forage sera indispensable afin d'éviter tout échauffement peropératoire ou fracture de vis lors de l'insertion, ceci en raison d'une forte densité osseuse. L'inconvénient majeur d'un tel site est la fréquente absence de gencive kératinisée, avec une muqueuse épaisse et mobile nuisant à la maintenance de l'hygiène bucco-dentaire.



Figure 90 : Mini-vis insérée au niveau de la région rétro-molaire.

2.3.2.2. Ramus :

- Indications : Pour mieux résoudre les problèmes mécaniques horizontaux, des mini vis étaient nécessaires dans la branche antérieure de la mandibule, elles sont utilisées dans les cas des molaires incluses ^[41] (figure 91).



Figure 91 : Redressement de l'axe d'une molaire mandibulaire incluse.

- Anatomie : Le site optimal pour une ligne de traction directe sans interférence occlusale était à mi-chemin entre les crêtes obliques externe et interne de la branche montante, à environ 5-8 mm au-dessus du plan occlusal.

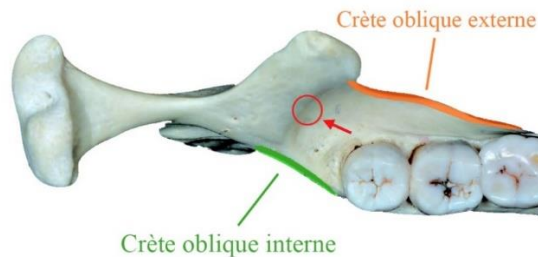


Figure 92 : Emplacement de la mini vis au niveau de Ramus.

- Précaution : La structure anatomique près du Ramus, qui présente le risque le plus grave de complications, est le faisceau neurovasculaire dans le canal alvéolaire inférieur (Figure 93) la mini vis doit être placée 15 à 20 mm loin de ce faisceau.

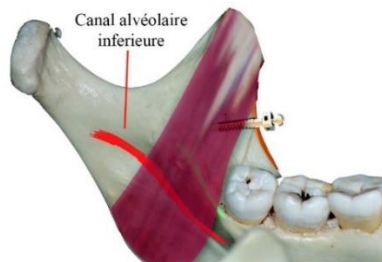


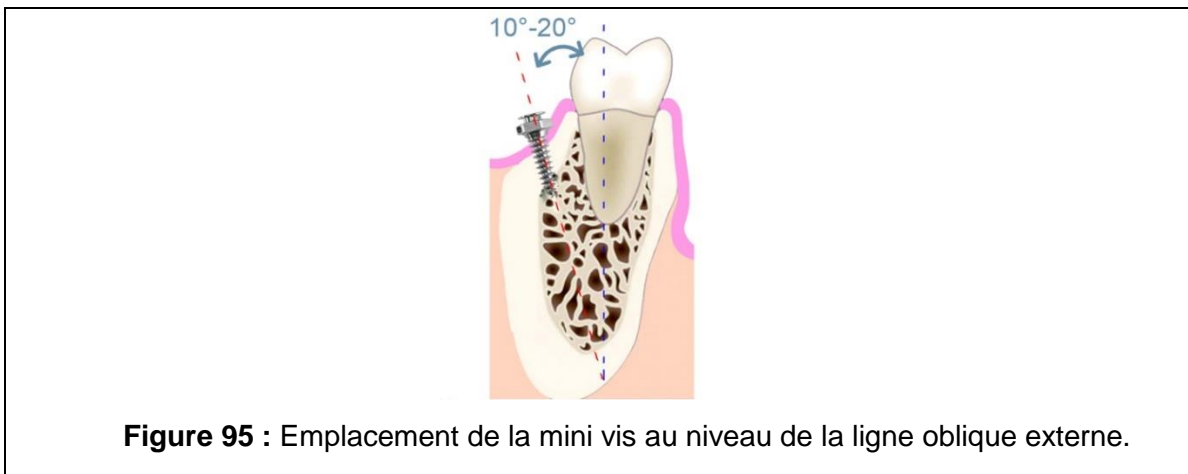
Figure 93 : Situation de la mini vis par rapport au canal alvéolaire inférieure.

Ainsi que les muscles présents dans cette zone doivent être mis en considération, le muscle du ptérygoïdien interne par ses fibres transversales, et le temporal par ses fibres antérieures.



2.3.2.1.6. Buccal shelf (ligne oblique externe) :

- Indication : pour rétracter l'arcade mandibulaire entière afin de corriger de façon conservatrice les malocclusions graves squelettiques notamment la classe III squelettique ^[46] et des dents, sans extraction ni chirurgie orthognatique.
- Anatomie : La position optimale pour la mini vis est latérale au contact de la première et de la deuxième molaire inférieure, à environ 5-7 mm sous la crête alvéolaire, et insérée à une angulation d'environ 10-20° avec la surface osseuse (Figure 95).



- **Précaution** : il faut éviter la zone de la gencive libre, et donc la mini vis est placée dans la zone de la réflexion muqueuse ^[47], et l'angulation de la mini vis doit permettre la joue des muscles de la joue.

3. Les mouvements orthodontiques envisagés :

3.1. Mouvements antéro-postérieurs :

Pour la réalisation de mouvements antéro-postérieurs (distalisation ou mésialisation), le choix du site d'insertion des mini-vis doit impérativement prendre en compte la proximité des racines afin d'éviter, au cours des déplacements dentaires, un contact entre la mini-vis et une racine.

3.1.1. Distalisation :

3.1.1.1. Distalisation des dents postérieures :

Cette thérapeutique orthodontique est recherchée dans :

- Le traitement des dysharmonies dento-alvéolaires sans extraction par recul des secteurs latéraux des arcades ;
- L'harmonisation des arcades dans les cas d'asymétrie ;
- La compensation alvéolaire des corrections des classes II par recul de l'arcade maxillaire ;
- La compensation alvéolaire des corrections des classes III par recul de l'arcade mandibulaire.

Les molaires peuvent être distalées une par une ou en masse. Le déplacement dent par dent (recul séquentiel) est plus facile à contrôler et recommandé en présence d'une distalisation asymétrique. L'ancrage indirect est conseillé car il limite les mouvements parasites verticaux et transversaux.

Le déplacement des dents doit rester à l'intérieur des procès alvéolaires. La distalisation est limitée, en arrière, par la tubérosité au maxillaire et par l'os cortical de la fossette rétromolaire à la mandibule. La troisième molaire ne représente pas une limite à la distalisation molaire par les mini-vis. Son extraction ne doit donc pas être systématique. Toutefois, elle peut s'avérer nécessaire afin de libérer de l'espace. Le praticien doit également s'assurer qu'il restera suffisamment de gencive attachée en distal de la dernière molaire, après distalisation.

Choix des sites d'insertion des mini-vis :

❖ Dans les septas inter-radiculaires à l'arcade maxillaire

Une mini-vis (Longueur = 6 à 8 mm ; Diamètre = 1,6 à 2 mm), avec un orifice, est placée dans l'espace inter-radiculaire vestibulaire ou palatin compris entre la deuxième prémolaire et la première molaire ou entre la première et la deuxième

molaire. Si l'ancrage est insuffisant, il est possible, au maxillaire uniquement, de placer une mini-vis symétriquement de chaque côté en modifiant légèrement l'axe d'insertion afin que les pointes de deux mini-vis ne se touchent pas [38].

La mini-vis doit être placée à 2-5 mm du sommet du septum alvéolaire avec un axe le plus oblique possible. Une mini-vis insérée trop apicalement engendrera un mouvement parasite d'ingression et d'inclinaison du plan d'occlusion [38].

- **Distalisation de l'arcade maxillaire par recul séquentiel des dents postérieures :**

La mini-vis reliée au système orthodontique par une ligature armée ou non de composite jusqu'à la dent qui sert d'ancrage. Un ou plusieurs ressorts en nickel-titane sont disposés à partir de cette dent jusqu'aux dents ciblées pour le recul. L'ancrage direct, avec une chaînette ou un ressort, est déconseillé.

La séquence de distalisation en technique vestibulaire est effectuée à l'aide d'une mini-vis en vestibulaire. La méthode d'ancrage indirect a été retenue : la mini-vis ancre par l'intermédiaire d'une ligature la canine qui devient l'ancrage d'un ressort en compression qui distalise la première molaire. Cette dernière pourra servir d'appuis elle-même à un ressort en compression qui distalise la deuxième molaire (Figure 96) [38].

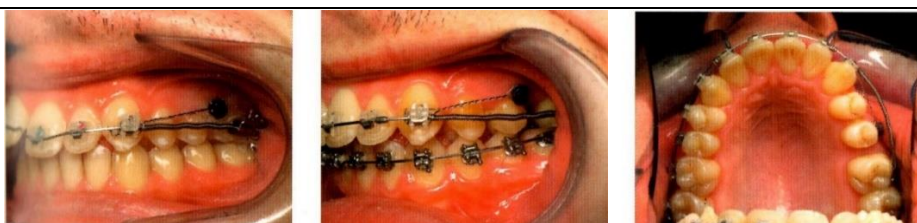


Figure 96 : Technique de recul séquentiel en technique vestibulaire. Ce système entraîne une contraction de l'arcade maxillaire : effet bowing [38].

- **Système anti-mésialisation parasite de l'arcade maxillaire dans les décompensations des Classes II-2 :**

Le nivellement de l'arcade maxillaire dans les cas cliniques de Classe II-2 ou de version palatine des incisives supérieures entraîne une avancée globale de celle-ci. Un ancrage direct sur la mini-vis à partir de l'arc

rectangulaire de nivellement empêchera cette mésialisation parasite. Dans les cas de Classe I, une simple ligature toronnée sera utilisée ; dans les cas de Classe II, une chaînette élastomérique sera choisie [38].

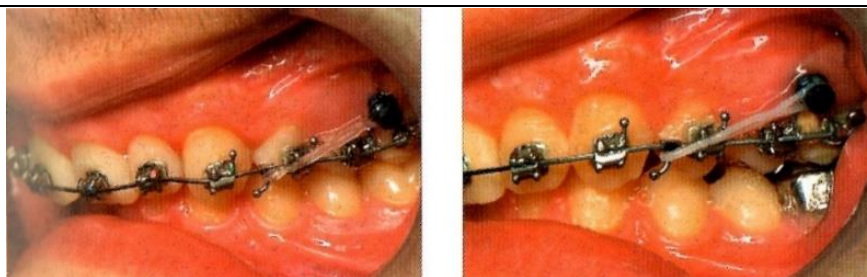


Figure 97 : Système anti-décompensation de Classe II -2 en Classe II -1. On peut utiliser une simple ligature toronnée ou un module élastique de faible intensité [38].

- **Système anti-mésialisation parasite + recul en masse de l'arcade maxillaire dans les décompensations des Classes II-2 :**

Cette situation est quasiment identique à la précédente sauf que la force exercée sur l'arcade maxillaire se fera sur la dent et non sur l'arc. La canine se retrouve en Classe I dès la fin du nivellement (Figure 98) [38].

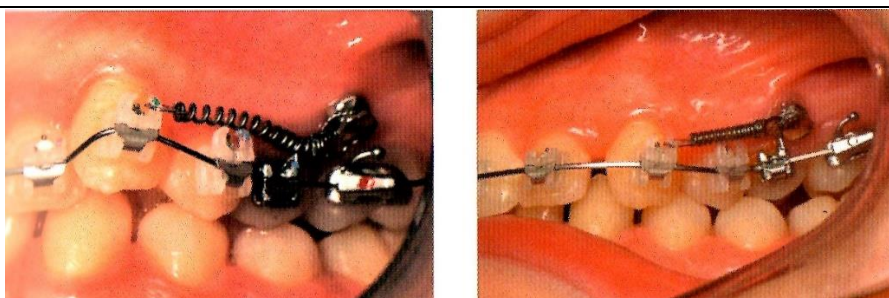
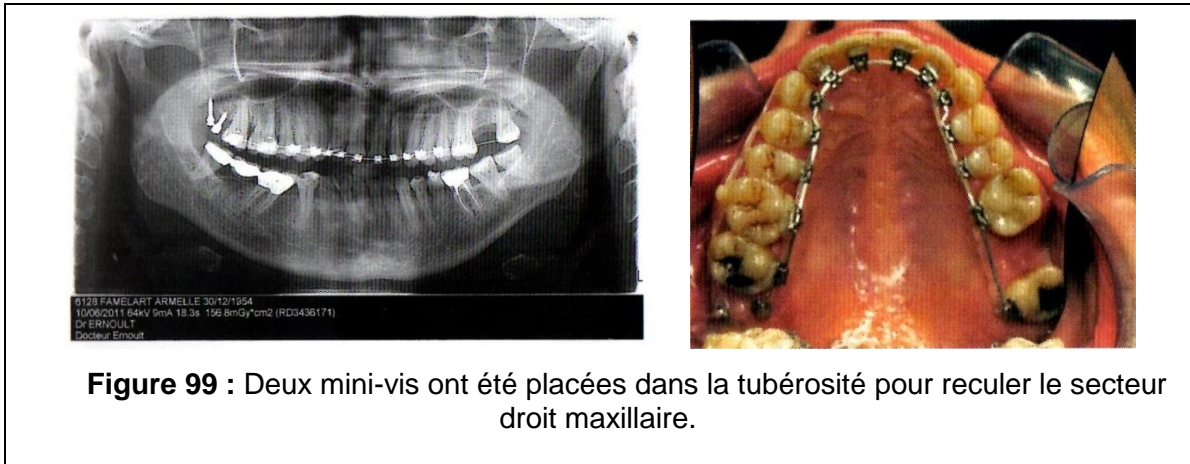


Figure 98 : Système anti-décompensation de Classe II -2 en Classe II -1 + recul en masse [38].

- ❖ **Dans la tubérosité maxillaire :**

Une mini-vis (Longueur = 8 à 12 mm ; Diamètre = 1,6 à 2 mm) peut être placée en distal de la dernière molaire à distaler, au niveau de la tubérosité. La longueur de la mini-vis doit tenir compte de l'épaisseur importante de la muqueuse au niveau de la tubérosité. Cependant, ce site ne doit être choisi qu'en seconde intention en raison de la qualité moyenne de l'os. La mini-vis choisie sera donc d'un diamètre plus important (2 mm).

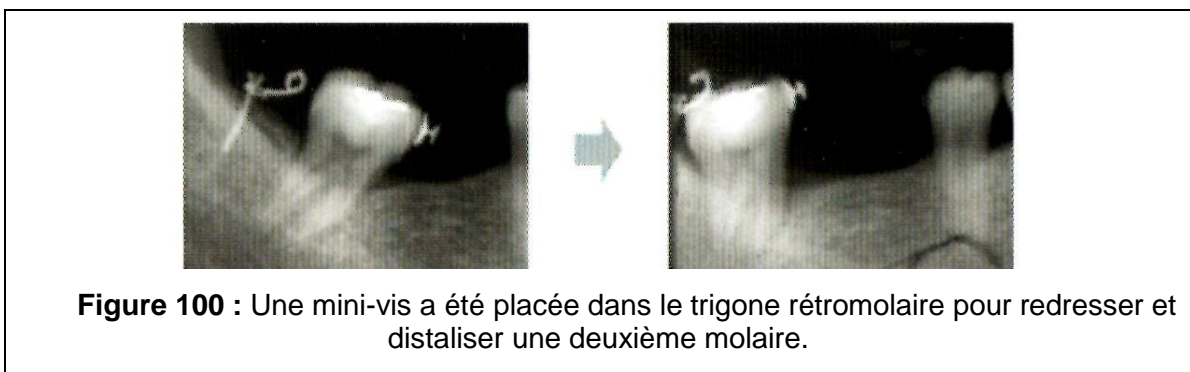


❖ **De part et d'autre de la suture intermaxillaire :**

Il est déconseillé de poser la mini-vis dans le palais à plus de 5 mm de la crête alvéolaire car ces ancrages induisent des mouvements parasites dans le sens vertical et une difficulté technique à relier ce point d'ancrage au dispositif orthodontique. Il faut citer ce choix dans la pose de disjoncteurs sur mini-vis.

❖ **Dans l'espace rétromolaire mandibulaire :**

Une mini-vis (Longueur = 10 à 14 mm ; Diamètre = 1,6 à 2 mm) peut être placée en distal de la dernière molaire à distaler, au niveau de l'espace rétromolaire. La longueur de la mini-vis doit tenir compte des insertions du muscle temporal au niveau de cette région. Ce site ne peut être envisagé que si l'espace disponible en occlusion est suffisant [38].



❖ **Dans les septa inter-radiculaires à l'arcade mandibulaire :**

Une mini-vis (Longueur = 6 mm ; Diamètre = 1,6) avec un orifice est placée dans l'os inter-radiculaire.

- **Méthode de correction de l'encombrement mandibulaire par recul des secteurs latéraux :**

Ce choix thérapeutique impliquera systématiquement l'indication d'extraction des troisième molaires inférieures.

- Méthode séquentielle :

Cette méthode consiste en un ancrage indirect en deux temps, décomposé dans un premier temps par un appui sur les premières prémolaires puis par un appui sur les premières molaires (Figure 101) [38].

- Méthode directe en masse :

Cette méthode implique de poser les mini-vis et de faire le collage de l'arcade inférieure en même temps. C'est l'indication de choix des corrections de l'encombrement chez les patients de Classe III alvéolo-dentaire. Le premier arc va épargner les incisives pour éviter de les procliner ; un ancrage direct constitué par une mini-vis est placé en mésial de la première molaire et une chaînette est placée directement sur la canine. L'arc va alors niveler l'arcade dentaire inférieure en distalant les secteurs postérieurs (Figure 102) [38].

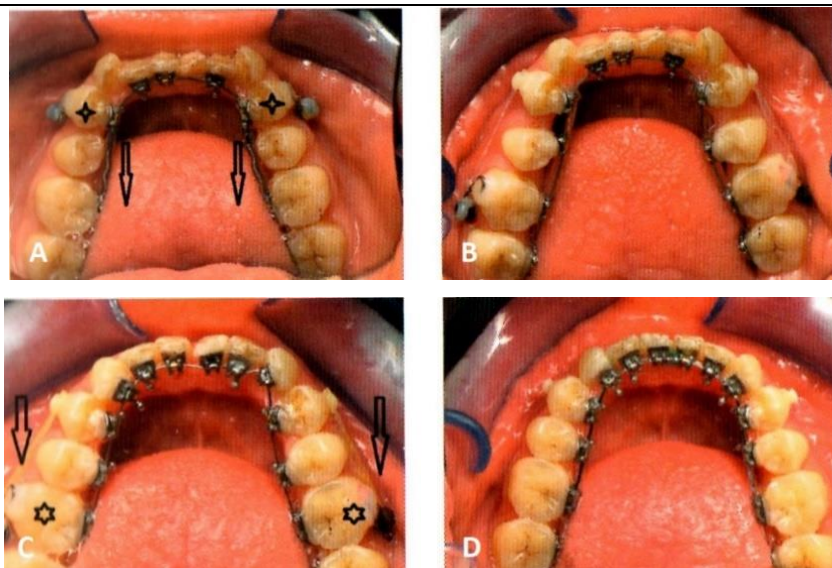
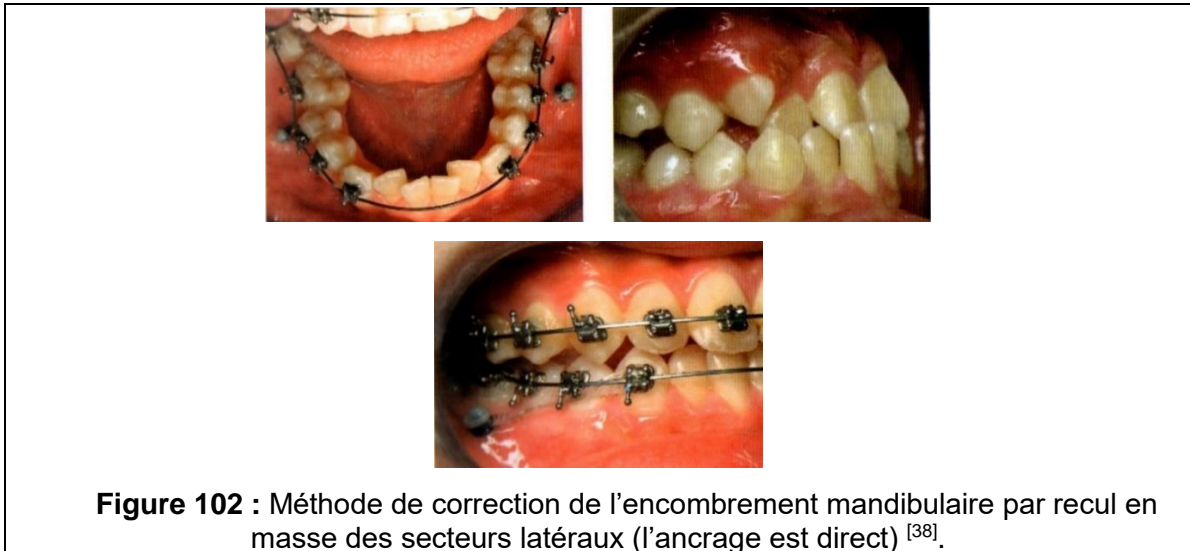


Figure 101 : Méthode de correction de l'encombrement mandibulaire par recul séquentiel en deux temps des secteurs latéraux (l'ancrage indirect est signalé par une étoile) [38].



3.1.1.2. Rétraction des dents antérieures :

Deux mini-vis (Longueur = 6 à 8 mm ; Diamètre = 1,6 à 2 mm), à tête cruciforme ou à tête lisse munie d'un orifice, sont placées dans les espaces inter-radiculaires vestibulaires entre la deuxième prémolaire et la première molaire. Elles sont reliées au système orthodontique par un module élastique d'environ 150 g [38].

❖ Rétraction unitaire :

La mini-vis est insérée le plus coronairement possible afin de limiter le mouvement parasite d'ingression inhérent au mouvement de distalisation.

Dans les cas où la mini-vis doit être insérée apicalement, il peut être préférable de placer une potence sur la dent à distaler de façon à horizontaliser la force de traction et à réduire le mouvement d'ingression. L'indication de la distalisation unitaire est bien sûr la phase de recul de la canine supérieure ou inférieure lorsqu'une mécanique séquentielle est préconisée.

• Ancrage direct en vestibulaire :

L'indication de l'ancrage direct est la correction de la dysharmonie dento-maxillaire nécessitant le sacrifice de prémolaires ; la séquence de recul de la canine se fait dans le même temps que le nivellement en préservant l'ancrage molaire qui n'est pas sollicité grâce à l'emploi de la mini-vis. Lorsque le nivellement est terminé, l'emploi d'un fil en acier est vivement recommandé. Il faut prendre en considération l'effet bowing (contraction de l'arc) lorsque cette méthode est envisagée [38].

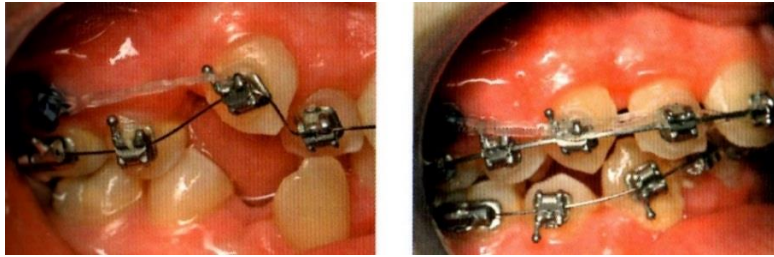


Figure 103 : Méthode de rétraction unitaire de la canine par ancrage direct vestibulaire avec un module élastique [38].

- **Ancrage direct en palatin :**

L'indication et la mise en condition des forces à exprimer sont les mêmes que celles envisagées précédemment avec comme différence un site d'insertion de la mini-vis souvent plus large en raison des considérations anatomiques. Il faudra prendre en considération l'effet anti-bowing (expansion de l'arcade) lorsque cet ancrage est utilisé [38].



Figure 104 : Méthode de rétraction unitaire de la canine par ancrage direct palatin avec un module élastique direct ou un lasso (effet anti-bowing) [38].

- **Ancrage indirect :**

Ce type d'ancrage est conseillé dans les indications de distalisation des dents ectopiques ou dans les distalisations en masse.



Figure 105 : Méthode de rétraction unitaire de la canine par ancrage indirect en vestibulaire. Un toron métallique solidarise la mini-vis à la deuxième prémolaire qui sert d'ancrage au module élastomérique [38].

- ❖ **Rétraction en masse :**

La rétraction en masse constitue l'intérêt de l'usage des mini-vis car elle permet, dans les cas de compensation de Classe II par promaxillie (d'origine basale ou alvéolaire), de reculer le bloc incisivo-canin en un seul temps sans solliciter l'ancrage molaire. La force engendrée par le module élastique ou par le ressort en compression est de l'ordre de 120 g.

- **Ancrage direct en vestibulaire :**

Dans ce type d'indication, le nivellement est déjà réalisé. Pour optimiser le déplacement en masse du bloc incisivo-canin, un fil acier en (0,019 x 0,025 Inch) est conseillé pour éviter les phénomènes d'arc-boutement avec des attaches de (0,022 x 0,028 Inch) programmées avec une surinformation de torque de 9° ou des attaches au niveau des incisives avec des lumières réduites [38].

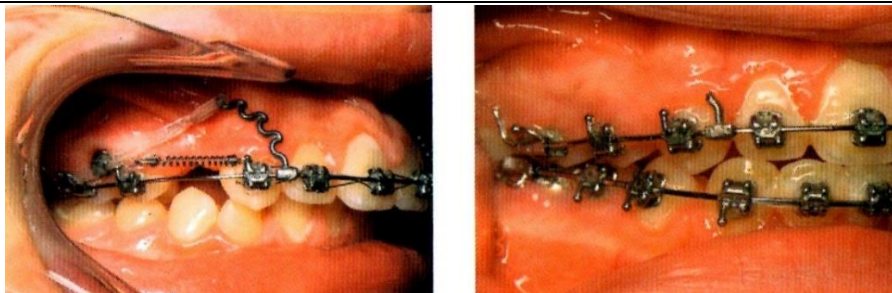


Figure 106 : Méthode de recul en masse incisivo-canin en ancrage direct avec une potence ickare qui permet un contrôle vertical d'ingression [38].

- **Ancrage direct en palatin :**

Cette méthode est déconseillée car elle génère des parasites de version des incisives supérieures liés à la tribologie : friction, rigidité de l'arc et glissement. En technique linguale, la « recette » consiste à utiliser des boîtiers de plus grande taille dans les secteurs postérieurs (0,022 x 0,028 Inch) pour favoriser le glissement, des boîtiers de (0,018 x 0,025 Inch) dans le secteur antérieur pour contrôler le torque et l'utilisation d'un fil en acier rigide de (0,016 x 0,022 Inch) pour limiter la flexion de l'arc, avec la prescription d'un torque de 7° au niveau des incisives supérieures (Figure 107) [38].

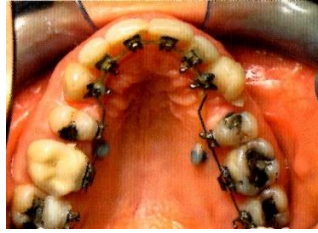


Figure 107 : Méthode de recul en masse incisivo-canin en ancrage direct palatin avec une ligature élastomérique ^[38].

- **Ancrage indirect palatin :**

L'ancrage indirect palatin est fabriqué avec une ligature toronnée 0,011 Inch en acier reliant la mini-vis au fourreau palatin de la bague molaire ou d'un bouton collé, enrobé d'une colle flow (Figure 108) ^[38].

- **Ancrage indirect vestibulaire :**

Plus facile d'accès que la précédente, c'est la méthode de choix pour les reculs en masse dans les cas d'extraction des deux premières prémolaires. La réalisation de cet ancrage se fait par une ligature rigide enduite de colle flow (Figure 109).



Figure 108 : Méthode de recul en masse incisivo-canin par ancrage indirect palatin ^[38].



Figure 109 : Méthode de recul en masse incisivo-canin par ancrage indirect vestibulaire ^[38].

En résumé tous les mouvements de distalisation avec ou sans extraction font l'objet d'un choix entre ancrage direct et indirect. Lorsque le déplacement implique plusieurs dents, l'ancrage indirect est recommandé.

3.1.2. Mésialisation :

3.1.2.1. Mésialisation des dents postérieures à l'arcade mandibulaire :

Cette mésialisation est souvent indiquée dans la fermeture des espaces des agénésies lorsque la solution implantaire n'est pas retenue.

Ce type de mouvement provoque l'apparition d'une alvéolyse et d'une récession gingivale. Le praticien doit donc s'assurer de la présence d'un bon support parodontal associé à une hygiène buccale correcte.

Une mini-vis (Longueur = 6 à mm ; Diamètre = 1,2 à 2 mm), à tête cruciforme, est placée dans l'espace inter-radicaire vestibulaire compris entre la canine et la première prémolaire ou entre la première et la deuxième prémolaire. On recommande un système d'ancrage indirect de cette mini-vis aux deux dents voisines par l'intermédiaire d'une ligature en métal enrobée par un composite flow, le tout permettant de laisser libre les verrous pouvant recevoir un nouvel arc (Figure 110). Le secteur latéral ainsi ancré pourra recevoir un simple module élastique ou un ressort comprimé de mésialisation de la molaire. L'arc doit être rigide, donc en acier, et doit être sous-dimensionné (0,019 x 0,025 Inch) [38].

Le control du sens vertical peut nécessiter le port d'un élastique de Classe II placé soit sur la canine, également ancrée par un système indirect, soit directement sur une mini-vis placée en distal de la canine pour éviter tout recul ou toute égression parasite de l'arcade maxillaire.

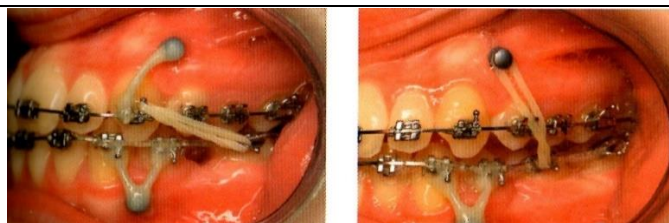


Figure 110 : Procédé recommandé pour la mésialisation d'une molaire inférieure par double ancrage indirect [38].

3.1.2.2. Mésialisation des dents postérieures à l'arcade maxillaire :

La mésialisation des secteurs postérieurs peut être recherchée pour traiter l'agénésie d'une incisive latérale ou d'une canine. Ce dispositif peut être mis en place unilatéralement ou bilatéralement.

Une mini-vis (Longueur = 6 à 8 mm ; Diamètre = 1,6 à 1,8 mm), à tête cruciforme, est placée en position distale par rapport à l'incisive centrale. Elle est reliée au système orthodontique par l'intermédiaire d'une potence collée directement sur le collet de l'incisive en épargnant ainsi le bracket. Cet ancrage indirect contrôle de la sorte le bloc antérieur et permet l'appui pour mésialer les dents postérieures. Un élastique intermaxillaire peut être indiqué pour contrôler verticalement et antéro-postérieurement les arcades directement sur une mini-vis de l'arcade mandibulaire [38].



Figure 111 : Procédé recommandé pour la mésialisation de l'hémi-arcade maxillaire dans le cas d'agénésie de la canine ou des incisives latérales [38].

En palatin en interdentaire entre canines et prémolaires. Les mini-vis 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.

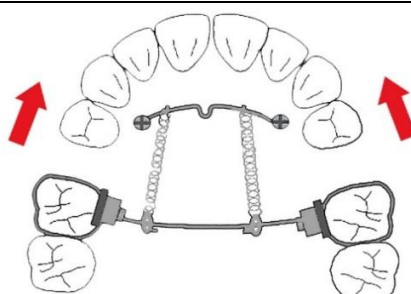


Figure 112 : Mésialisation molaire à l'aide de deux mini-vis situées en interdentaire du côté palatin [44].

3.1.2.3. Mésialisation d'une arcade complète :

La mésialisation de l'arcade maxillaire dans sa totalité est recherchée dans le traitement par compensation des Classe III. On préconise cette action par des tractions intermaxillaires et un ancrage direct sur les mini-vis placées sur l'arcade mandibulaire (Figure 113) [38].

La mésialisation de l'arcade mandibulaire dans sa totalité peut être recherchée dans les compensations de Classe II en voulant éviter un recul de l'arcade maxillaire qui serait nuisible à l'équilibre du sourire. Dans ce cas, des mini-vis placées entre la canine et la première prémolaire trouvent leurs indications en ancrage direct par le biais d'une traction intermaxillaire de Classe II (Figure 114) [38].

Cette situation trouve également son indication dans le rétablissement des milieux interincisifs par une action sur l'arcade mandibulaire uniquement.



Figure 113 : Procédé recommandé pour la mésialisation de l'arcade maxillaire complète dans les compensations de Classe III [38].



Figure 114 : Procédé recommandé pour la mésialisation de l'arcade mandibulaire complète sans affecter l'arcade maxillaire [38].

3.1.3. Redressement d'axe d'une molaire :

L'indication la plus courante du redressement molaire est le rétablissement d'un espace pour une thérapeutique implantaire. L'utilisation d'une mini-vis permet d'éviter l'appareillage de toute l'arcade.

Ainsi, une molaire peut être redressée à l'aide d'un bracket ou d'un bouton collé et d'une mini-vis insérée dans la zone rétromolaire, reliés par une chaînette élastique passant par-dessus la face occlusale.

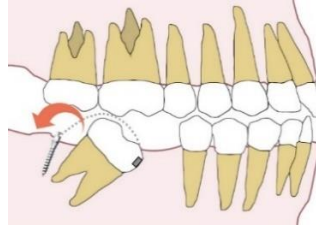


Figure 115 : Technique de redressement molaire avec une mini-vis positionnée distalement ^[44].

3.2. Mouvements verticaux :

3.2.1. Ingression :

Les mouvements d'ingression sont les mouvements d'élection d'un traitement par mini-vis.

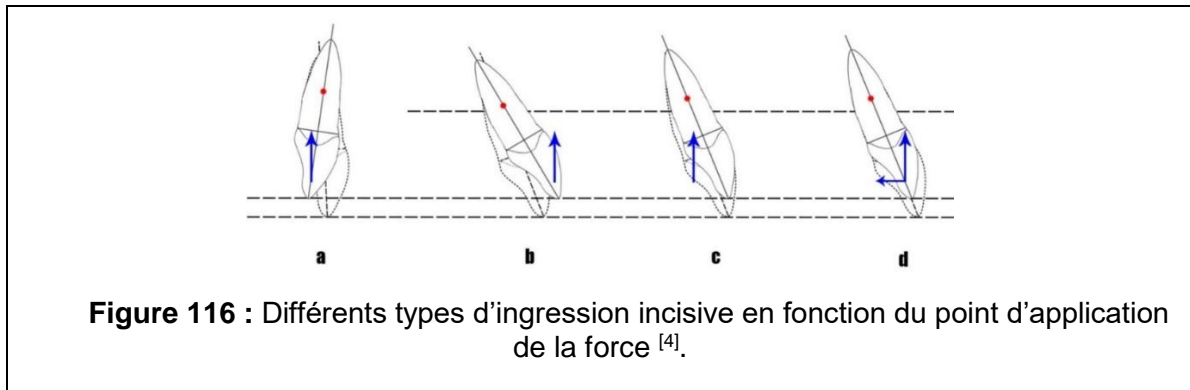
3.2.1.1. Ingression antérieure :

La difficulté est de placer la mini-vis suffisamment en haut, pour obtenir un mouvement d'ingression, ou de la positionner entre les racines des incisives, en tenant compte du fait que la hauteur de la muqueuse gingivale est souvent réduite dans ce secteur.

La Classe II division 2 est l'indication la plus rencontrée pour ce type de mouvement. Ce traitement orthodontique peut également aider à corriger un sourire gingival trop important. L'utilisation de mini-vis 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.

Il existe 4 types d'ingression en fonction du point d'application de la force ^[4] :

- Ingression associée à une palato-version des incisives (a) ;
- Ingression associée à une vestibuloversion 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).



Ainsi, en fonction du type de déplacement désiré, les mini-vis pourront être positionnées de manières différentes ^[4] :

- Une mini-vis placée entre les incisives centrales sera indiquée pour permettre une intrusion . Cependant, le système de force engendré aura tendance à produire une vestibuloversion ; cette situation sera donc privilégiée dans les cas de Classe II division 2.
- Des mini-vis pourront être placées en mésial des canines lorsque l'on souhaite ingresser les six dents antérieures tout en contrôlant l'axe des canines.
- Des mini-vis placées en distal des canines seront avantageuses lorsque l'on souhaite ingresser et augmenter le vecteur de force rétractif.

Au maxillaire, il est également possible de poser une mini-vis au niveau de la suture palatine pour l'ingression et la palato-version des dents antérieures. L'épine nasale antérieure est plus indiquée pour l'ingression et la vestibuloversion du groupe incisivo-canin. Dans tous les cas, il faut bien veiller à centrer la mini-vis entre les racines pour que le mouvement d'ingression ne provoque pas d'interférence entre les racines et la vis.

L'ingression des incisives mandibulaires suit le même principe. Deux mini-vis sont placées dans la symphyse et les connectiques émergent de part et d'autre du frein labial inférieur. la rétraction incisive, plus rare à la mandibule, nécessite un appui postérieur supplémentaire qui peut être au niveau de la ligne oblique externe.

3.2.1.2. Ingression postérieure :

L'ingression des dents postérieures est l'un des mouvements les plus difficiles à réaliser car les molaires ont des racines larges et multiples, et ce type de déplacement nécessite une réaction importante de l'os alvéolaire, ainsi qu'un temps

de traitement long. Cela augmente le risque de voir apparaître des effets secondaires, comme l'extrusion des dents servant d'ancrage ; le contrôle tridimensionnel est donc particulièrement important [4].

L'ingression molaire à l'aide de mini-vis présente de nombreux intérêts :

- 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.

Lorsque l'ingression concerne la totalité des secteurs postérieurs, il existe deux cas de figure [4] :

- **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 d'avantage 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).

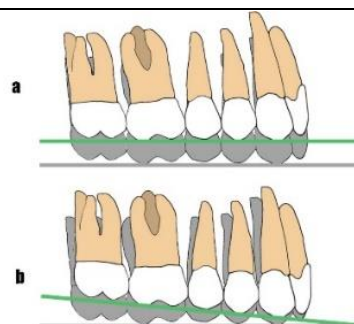


Figure 117 : Plan de traitement pour le plan d'occlusion : Ingression parallèle (a) ou non parallèle (b) [4].

❖ **Ingression postérieure par ancrage direct :**

• **Ingression à l'aide d'une mini-vis unique :**

Au maxillaire, la force d'ingression peut être appliquée à partir d'une mini-vis 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 mini-vis vestibulaire créera des mouvements indésirables qui auront tendance à entraîner une vestibuloversion de la dent concernée. Les cuspides palatines sont alors égressées et la dimension transversale postérieure de l'arcade augmente [4].

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 [4] :

- 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).

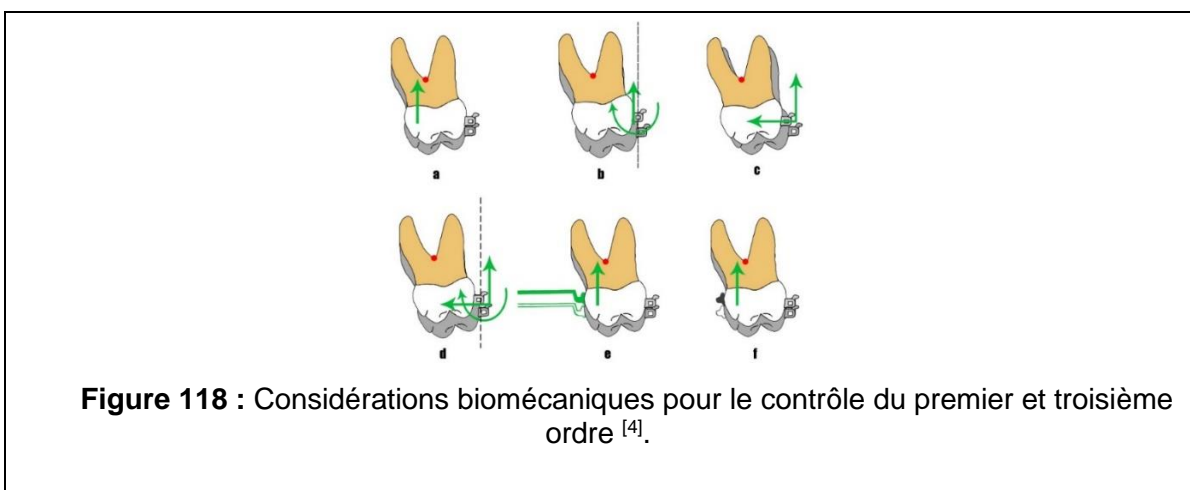


Figure 118 : Considérations biomécaniques pour le contrôle du premier et troisième ordre [4].

• **Ingression à l'aide de plusieurs mini-vis :**

L'application de forces à partir d'un tripode constitué de trois mini-vis est conseillée pour contrôler le mouvement de la dent dans les sens antéro-

postérieur et transversal. Cette méthode peut être envisagée sans dispositif multibagues si seul ce mouvement est recherché.

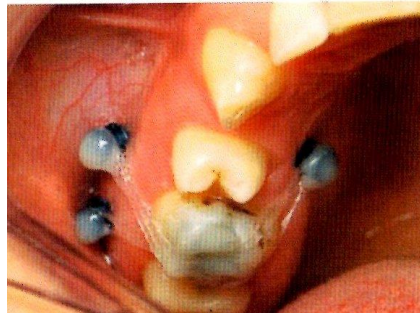


Figure 119 : Ingression unitaire postérieure à l'aide d'un tripode constitué de 3 mini-vis [38].

Enfin, lorsque les deux molaires maxillaires controlatérales doivent être ingressées, le recours à un arc transpalatin suffit à contrecarrer la vestibuloversion qui peut être créée par les mini-vis vestibulaires [44].

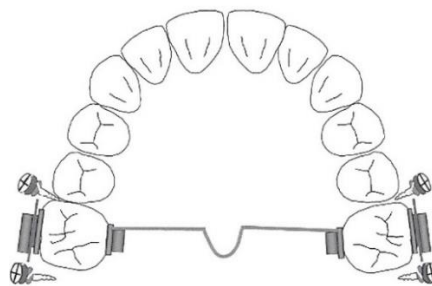


Figure 120 : Ingression molaire bilatérale [44].

❖ **Ingression postérieure par ancrage indirect :**

Lorsque l'on ne souhaite ingresser qu'une ou deux dents, l'apport des mini-vis 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 [4].

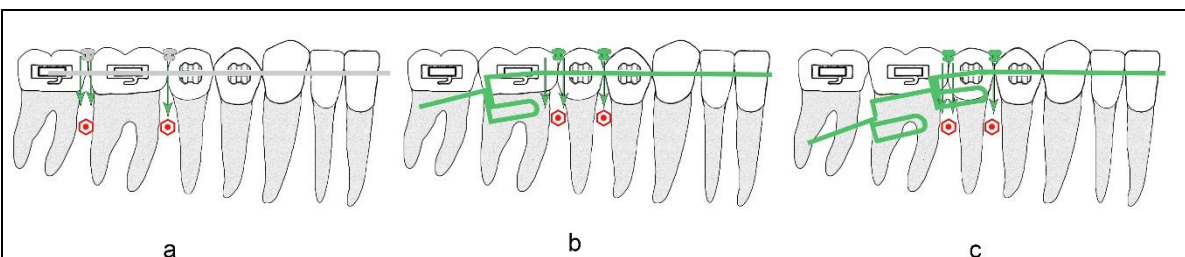


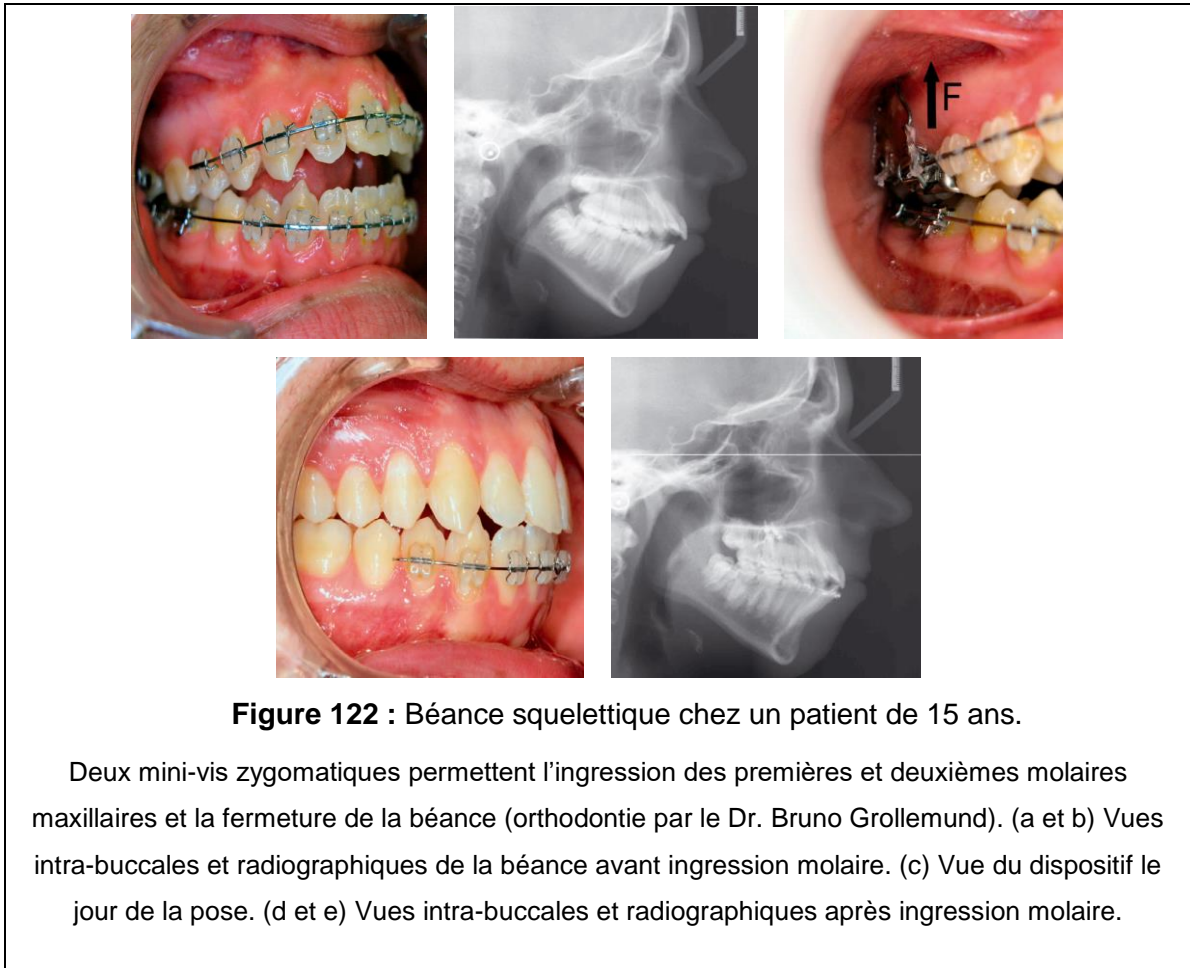
Figure 121 : Ingression molaire à l'aide d'un ancrage indirect et de boucles en L [4].

❖ **Ingression et dimension verticale :**

L'ingression des molaires maxillaires et mandibulaires à l'aide de mini-vis peut permettre de corriger un « open bite » [44].

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 [45], 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.



3.2.2. Égression :

3.2.2.1. Égression antérieure :

Les mini-vis peuvent servir d'ancrage pour égresser les dents maxillaires antérieures, lorsque celles-ci sont insuffisamment exposées au sourire. Elles sont également très efficaces pour égresser une canine impactée, ou pour fermer une béance antérieure.

Les principes biomécaniques réagissant 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. Le contrôle du torque est également important [4].

Cliniquement, l'égression peut être divisée en trois groupes [4] :

- **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).

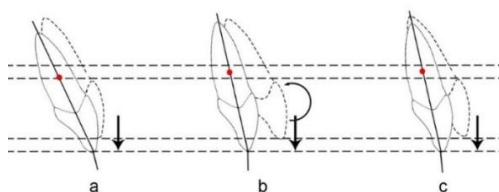


Figure 123 : Différents types d'égression en fonction du point d'application de la force [4].

3.2.2.2. Egression postérieure :

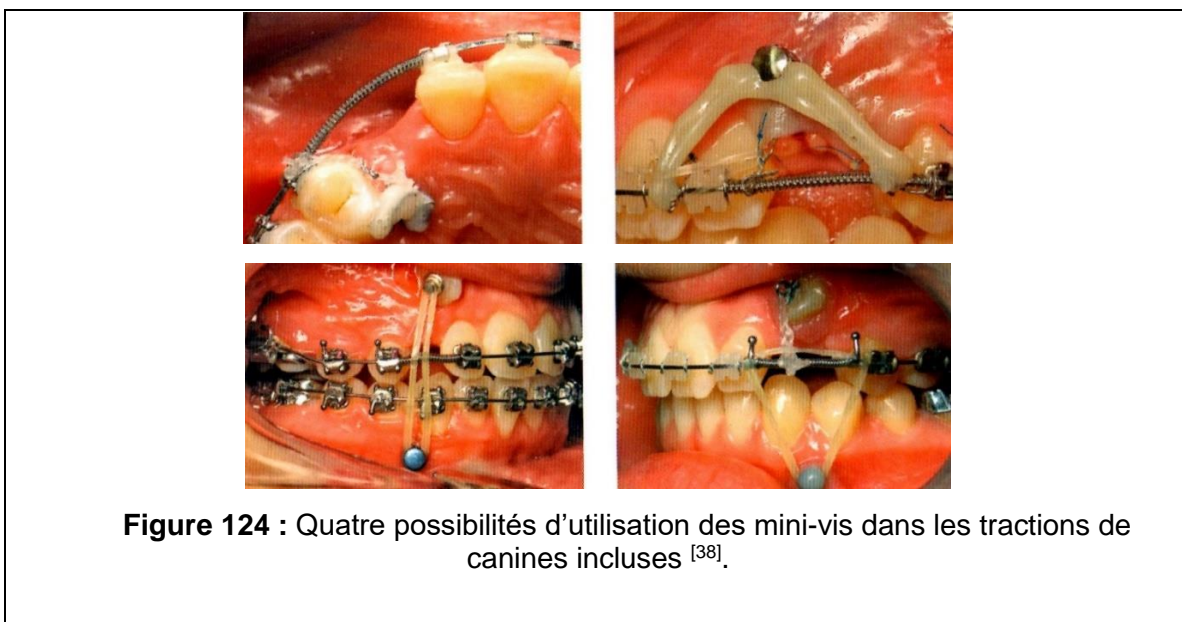
Tout comme l'ingression, l'égression doit se faire avec un contrôle de la molaire dans les trois dimensions de l'espace. Pour obtenir un mouvement de translation lors de l'égression, la force extrusive doit passer par le centre de résistance de la

dent. Une mini-vis 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. Ces forces extrusives seront exercées par le biais de ressorts fermés reliant la dent aux mini-vis.

3.2.2.3. Mise sur arcade des canines incluses :

Le recours aux mini-vis 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 mini-vis sera plutôt positionnée au niveau médio-palatin. Inversement, si la canine doit être déplacée en direction vestibulaire, la mini-vis sera placée en vestibulaire.

La mise en place de la canine incluse se fera essentiellement à l'aide de forces très douces, de l'ordre de 30 à 50 grammes. Des forces d'égression trop importantes n'autorisent pas un bon suivi des tissus parodontaux osseux et mucogingivaux. La dent incluse est extrudée avec un parodonte affaibli.



3.3. Mouvements transversaux :

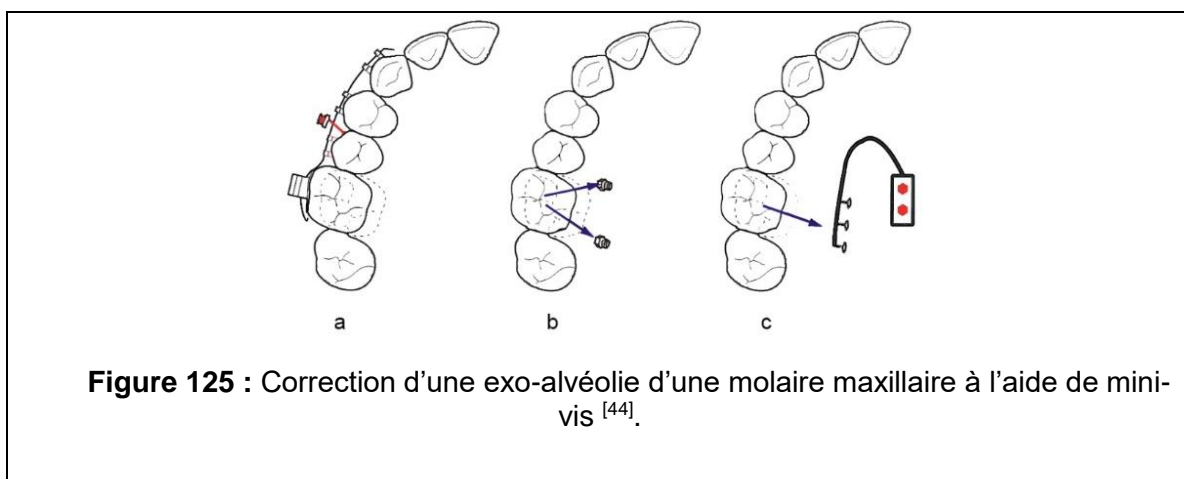
L'intérêt des mini-vis pour effectuer des corrections dans le sens transversal est surtout de minimiser les appareillages orthodontiques et d'éviter les élastiques intermaxillaires, donc de permettre un contrôle uni-arcade.

3.3.1. Déplacement transversal d'une seule dent :

3.3.1.1. Exo-alvéolie :

Au niveau des molaires maxillaires, elle peut se faire de trois façons ^[44] :

- Une mini-vis 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 mini-vis permettra de renforcer l'ancrage de la prémolaire (a).
- Deux mini-vis palatines situées de part et d'autre de la molaire à déplacer, en interdentaire, permettent de contrôler directement la ligne d'action (b).
- Enfin, deux mini-vis au centre du palais associées à une potence peuvent être utilisées. L'utilisation d'une telle potence permet un meilleur contrôle des déplacements (c).



3.3.1.2. Endo-alvéolie :

Au niveau mandibulaire, l'utilisation des mini-vis se fera essentiellement lorsque la dent est trop lingualée et doit être vestibulée car les mini-vis ne peuvent être positionnées que sur le versant vestibulaire. De même qu'au maxillaire, le déplacement peut se faire de différentes façons ^[44] :

- Une mini-vis interdentaire en vestibulaire peut être utilisée en ancrage indirect sur la dent adjacente (a).
- Une mini-vis unique peut également être positionnée directement en vestibulaire de la dent à déplacer (b).
- Deux mini-vis 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).

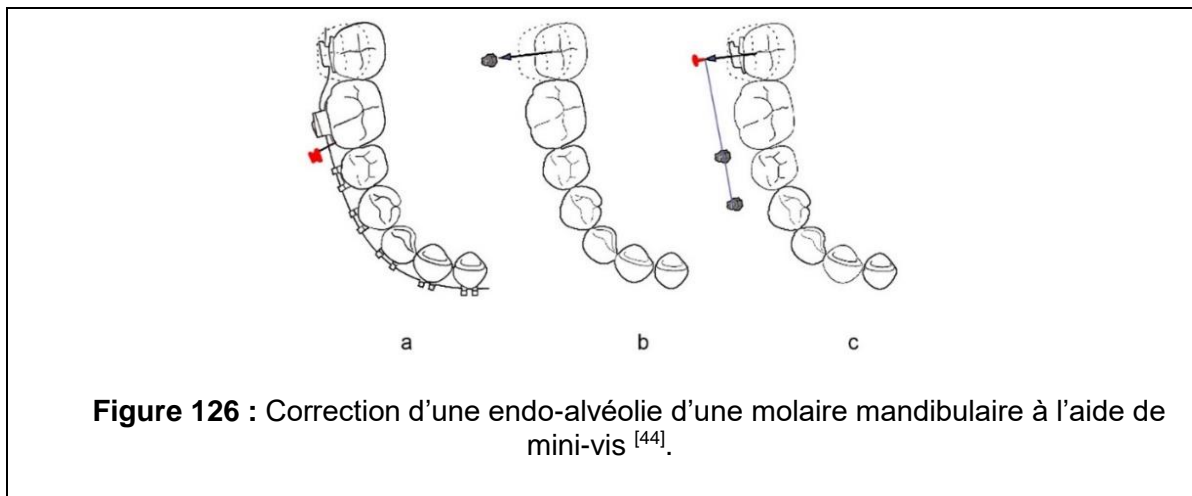


Figure 126 : Correction d'une endo-alvéolie d'une molaire mandibulaire à l'aide de mini-vis ^[44].

3.3.2. Expansion maxillaire :

Certains disjoncteurs ont été développés pour s'appuyer sur deux mini-vis situées de part et d'autre de la suture palatine et reliées aux molaires par l'intermédiaire d'un vérin, permettant ainsi une expansion maxillaire ^[44].

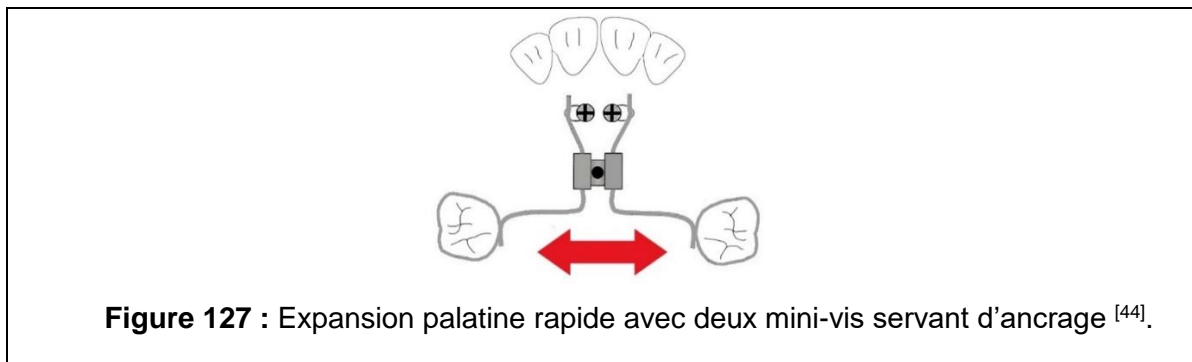


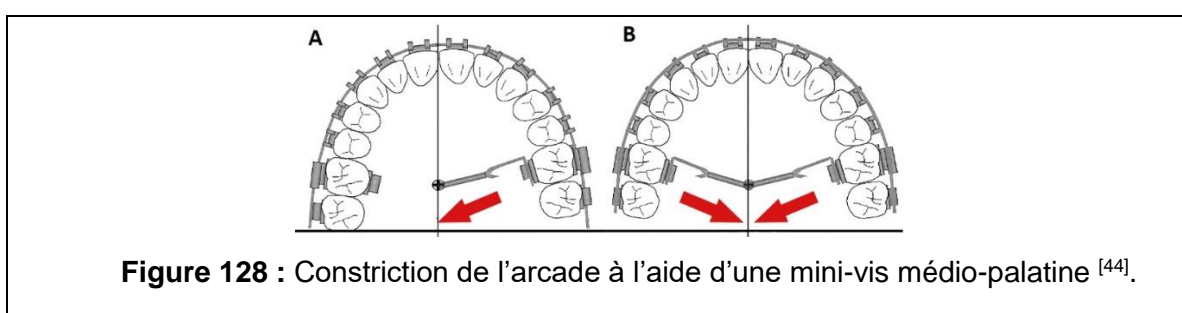
Figure 127 : Expansion palatine rapide avec deux mini-vis servant d'ancrage ^[44].

Le site paramédian en regard de l'espace entre la première et la deuxième prémolaire 3 à 4 mm latéralement de la suture palatine présente une épaisseur osseuse suffisante (>6mm) et permet une conception aisée de l'appareillage ainsi qu'une bonne acceptation par le patient. Le diamètre le plus large doit être choisi (1.8 à 2 mm) avec une longueur garantissant un ancrage intra osseux de 6 mm ; des mini-vis de 7 à 8 mm seront généralement choisis. Des mini-vis plus longs pourraient présenter un risque de perforation de la muqueuse nasale.

3.3.3. 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 mini-vis peut être une solution [44]. La mini-vis sera positionnée au niveau médio-palatin et reliée aux dents à déplacer par un arc segmenté et un module élastique ou un ressort (a).

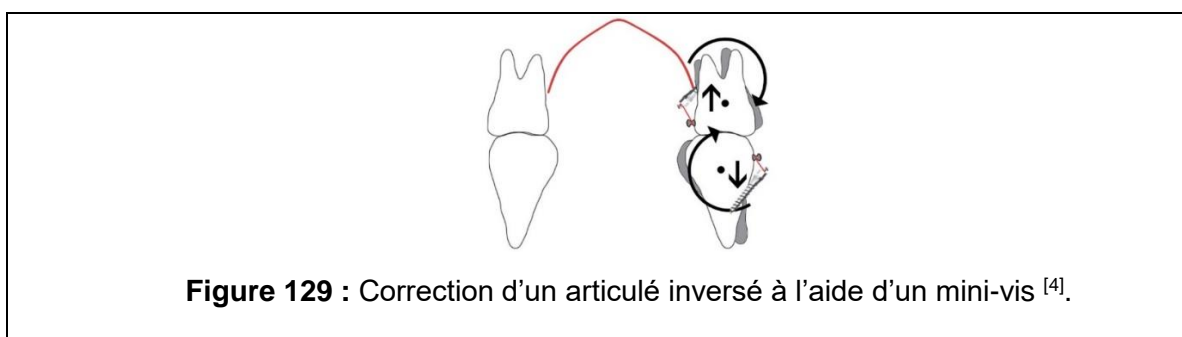
De même, en cas de constriction bilatérale (b), une ou deux mini-vis implantées en médio-palatin seront reliées aux deux côtés de l'arcade par des ressorts ou des chainettes élastiques [44].



3.3.4. Correction de l'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 mini-vis auront donc à la fois une composante vestibulo-palatine (ou linguale) mais aussi une composante d'ingression [4].

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



3.3.5. Correction d'un décalage des milieux inter-incisifs :

Une déviation des milieux inter-incisifs 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 [4].

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 les canines et les 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 [44].

La correction des milieux par des élastiques inter-arcades, qu'ils soient fixés sur des dents (a) ou des mini-vis (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) [4].

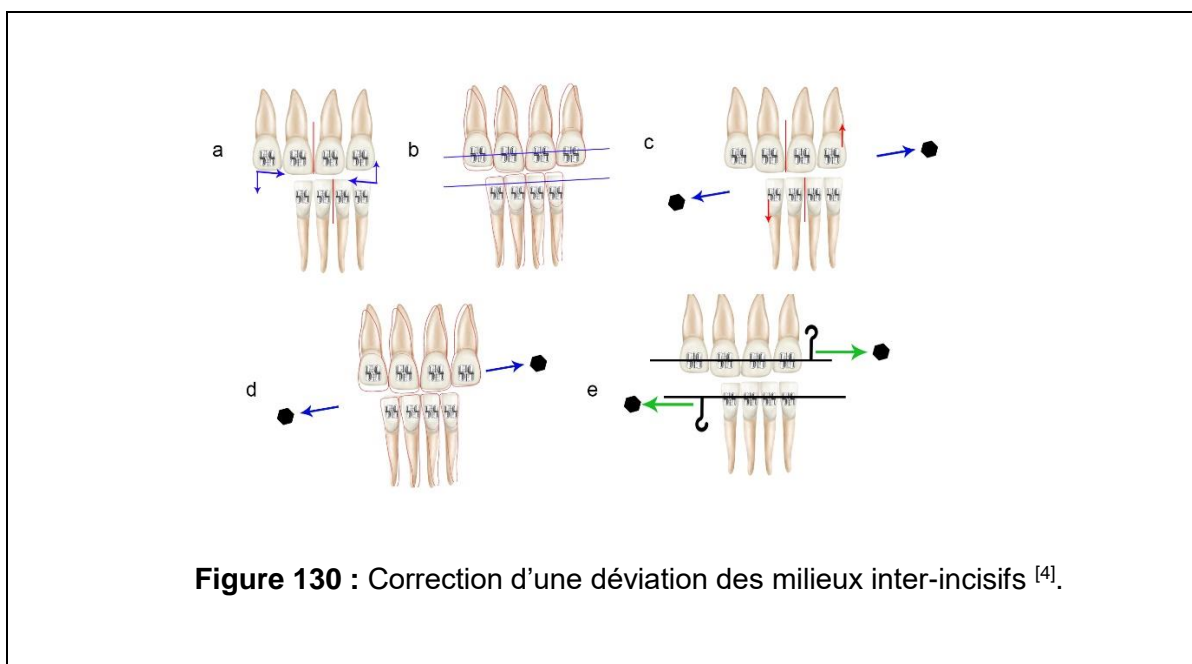


Figure 130 : Correction d'une déviation des milieux inter-incisifs [4].

CHAPITRE 3

PROTOCOLE CLINIQUE

1. La pose :

Avant toute implantation, le site envisagé doit faire l'objet d'un examen clinique et radiographique adapté afin d'évaluer la qualité et la quantité osseuse (garantie d'une bonne stabilité primaire) et de guider le geste en évitant d'éventuelles lésions radiculaires, neurologiques ou sinusiennes.

1.1. Entretien avec le patient et examen clinique :

L'anamnèse constitue la première étape de l'entretien avec le patient. Elle doit être rigoureuse afin d'identifier d'éventuels facteurs de risques ou une contre-indication d'ordre général. Elle permet également d'évaluer les attentes et les priorités du patient ainsi que son degré de motivation.

L'examen clinique doit évaluer l'hygiène du patient, le degré d'ouverture buccale, les tissus parodontaux et la ligne muco-gingivale est repérée afin de s'assurer que la hauteur de gencive attachée disponible est suffisante pour permettre l'insertion de la mini-vis. La palpation de différents sites implantaires envisageables est réalisée afin d'apprécier la morphologie et le volume des remparts alvéolaires.

1.2. Repérage radiographique du site d'implantation :

La radiographie rétro alvéolaire représente le meilleur compromis (coût et taux d'irradiation par rapport au bénéfice escompté) pour aider à la mise en place des mini-vis.

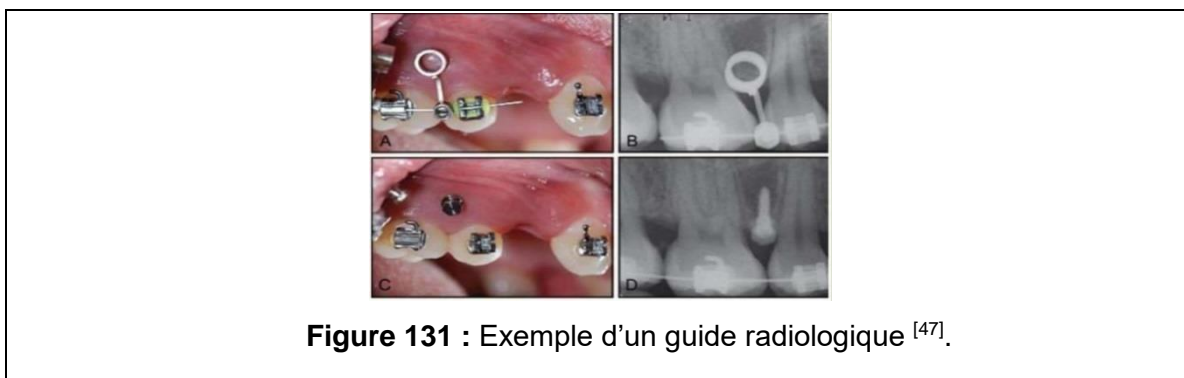
En effet malgré la limitation de l'observation à deux dimensions, elle fournit suffisamment de renseignements sur les structures anatomiques présentes sur le site d'implantation. Elle permet notamment de visualiser la morphologie des racines et d'évaluer l'importance des espaces inter-radiculaires. L'usage du scanner ou du Cône Beam 3D se justifie seulement dans les cas où les clichés rétro alvéolaires mettent en évidence une réelle proximité radiculaire ou que des structures anatomiques nobles de type sinus ou nerf alvéolaire inférieur seraient proches du site d'insertion ^[46].

1.3. Utilité d'un guide d'insertion :

MELSEN et al ^[47], positionnent en bouche un guide radiologique. Il sera orienté selon l'axe du mini implant et présentera une boucle pour simuler la tête implantaire

envisagée et, après une radiographie rétro alvéolaire, la position est contrôlée et validée. Ce guide peut alors servir de guide chirurgical (Figure 131).

Le guide chirurgical est un système ingénieux qui permet au praticien de mieux prendre ses repères lors de la mise en place d'un mini implant. Il permet en effet de mieux visualiser le lieu et parfois l'axe d'implantation et de minimiser les risques de lésions par traumatisme lors de la mise en place des mini-vis.



1.4. Protocole opératoire d'insertion :

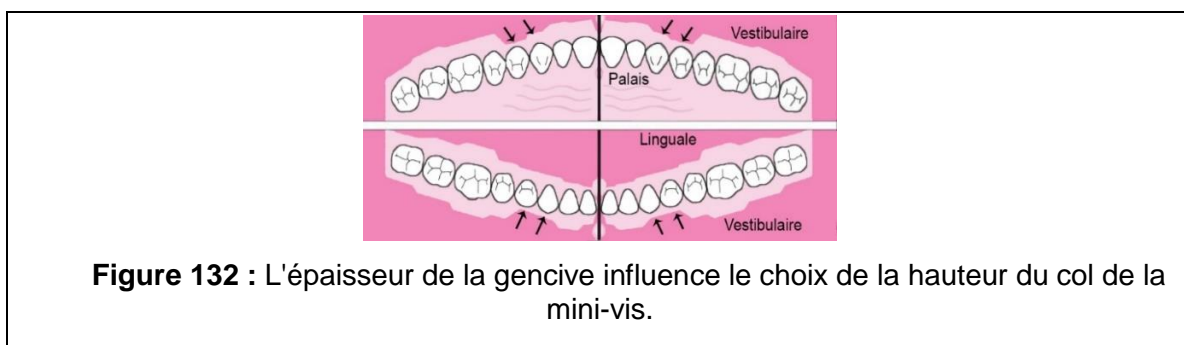
Le protocole chirurgical de mise en place est rapide et simple.

1.4.1. Asepsie et Anesthésie de surface :

On effectue tout d'abord une désinfection minutieuse du site opératoire. Ensuite une anesthésie superficielle par infiltration des tissus mous uniquement est préconisée, dans le but de conserver la sensibilité et la proprioception desmodontale des racines adjacentes au site d'insertion pour éviter un accident peropératoire ^[32].

1.4.2. Choix de la longueur du col :

Après l'anesthésie, La zone du site implantaire sera marquée par une petite perforation avec la pointe d'une sonde. La mesure de l'épaisseur des tissus mous se fait aussi avec une sonde parodontale. Elle conditionne le choix de la longueur du col de la mini-vis la mieux adaptée.



1.4.3. Pré-forage :

Aujourd'hui on ne prépare plus de « pré-trou » ou de « pré-forage » car la majorité des mini-vis sont auto-taroudante et autoforante. Ainsi on réalise seulement une simple indentation à la surface de l'os cortical à l'aide d'une fraise boule de petit diamètre monté sur contre angle. Ce trou-guide facilite l'insertion de la vis, réduit les microtraumatismes à sa pose et guide le vissage selon l'axe souhaité.

1.4.4. Insertion de la vis :

Elle est trans-gingivale à l'aide d'un tournevis manuel ou d'un contre-angle à vitesse lente (Figure 133), sous irrigation continue, jusqu'à ce que la tête soit au contact de la muqueuse. Dans tous les cas, il est conseillé de visser le dernier tiers manuellement afin de mieux contrôler la stabilité primaire. Le praticien doit s'assurer que toute la partie filetée est enfouie et que la collerette est en position juxta-osseuse. L'insertion peut se faire soit obliquement (selon un angle de 30° à 40° par rapport au grand axe des dents au maxillaire et de 10° à 20° à la mandibule) quand l'espace inter-radicaire est très étroit (Figure 134) soit perpendiculairement à la surface osseuse (le plus pratiqué) quand il y a suffisamment d'espace entre les racines.

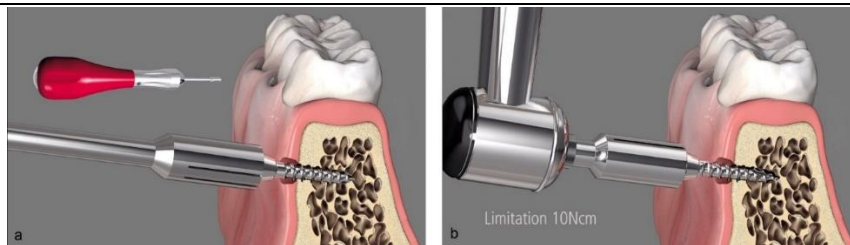


Figure 133 : a : Insertion manuelle ; b : Insertion mécanique.

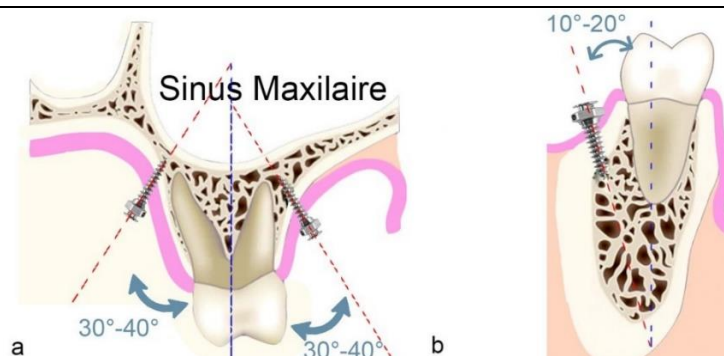


Figure 134 : Angles d'insertion des mini-vis dans l'os alvéolaire, a : Insertion au maxillaire ; b : Insertion à la mandibule.

1.4.5. Contrôle radiographique et de la stabilité primaire :

Il est conseillé d'effectuer une radiographie de contrôle (rétro alvéolaire ou panoramique dentaire) pour vérifier l'axe d'insertion et le bon positionnement de la mini-vis (Figure 135). La stabilité primaire est vérifiée manuellement et il faut tester la mobilité de la mini-vis en traction et en compression à l'aide d'une sonde. Un test de percussion sur la tête de la vis avec le manche d'un miroir doit produire un son sourd et métallique.

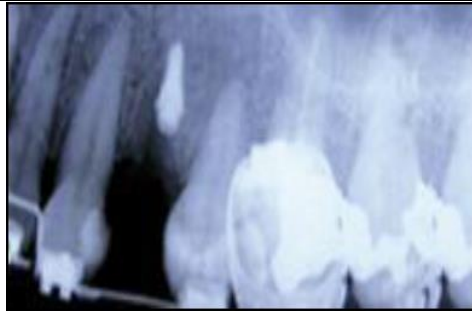


Figure 135 : Contrôle radiographique de l'emplacement de la mini-vis.

1.4.6. Prescription et soins post-opératoires :

Elle est constituée d'un antalgique de palier 1 à prendre en cas de douleurs et des bains de bouche seront à commencer 24 heures après l'intervention et à poursuivre pendant 10 jours. De plus, un brossage méticuleux de la tête implantaire au moyen d'une brosse à dent souple sera recommandé.

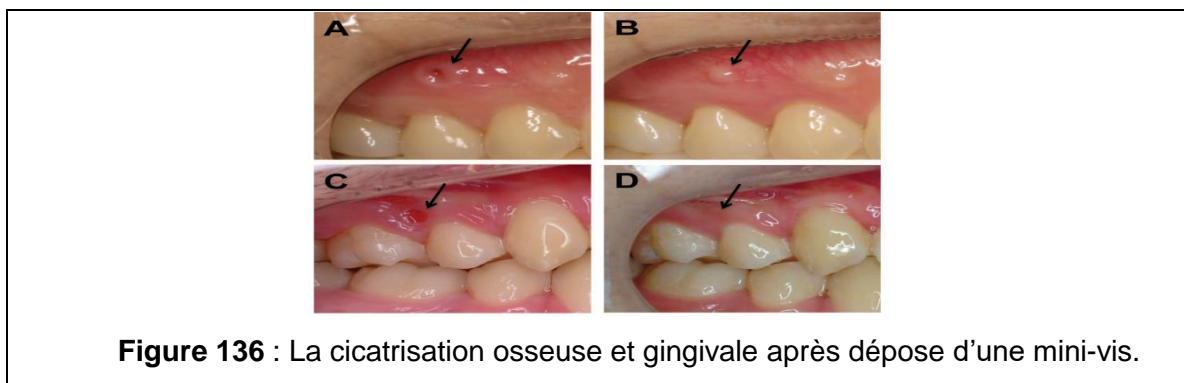
2. La mise en charge :

Les forces appliquées sur les mini-vis sont contrôlées, unidirectionnelles, continues et relativement faibles (de l'ordre de 20 à 300 g) ^[48]. Ainsi, la mise en charge de la mini-vis peut être immédiate après la pose si une stabilité primaire satisfaisante est obtenue ^[49]. Dans la majorité des cas, une ligature élastomérique représentant une charge de 50 g peut être mise en place dans la semaine suivant la pose afin de stabiliser la mini-vis. Un délai de trois semaines à un mois est alors préconisé par les auteurs avant la véritable mise en charge (300g).

3. La dépose :

Les mini-vis peuvent être retirées au tournevis ou avec un porte-vis en effectuant un mouvement de rotation dans le sens contraire à celui de son insertion.

Une anesthésie locale n'est le plus souvent pas nécessaire dans 90% des cas. La cicatrisation osseuse et gingivale après dépose est rapide (6 à 8 jours).



4. Critères de pérennité :

4.1. Facteurs liés à l'hôte :

Il s'agit de la sélection optimale du site : par une densité et épaisseur de la corticale osseuse suffisante ^[50] et une mise en place dans la gencive attachée. L'absence d'inflammation ou d'infection du site et l'herméticité des tissus mous autour du col de la mini-vis doivent être observée. Le patient doit maintenir une hygiène orale correcte.

4.2. Facteurs liés à l'opérateur (iatrogène) :

Il faut éviter les traumatismes chirurgicaux minimes par vibration, échauffement de l'os (une irrigation est indispensable) et pression due au vissage qui engendrent des micro-fractures du tissu osseux et nécrosent les cellules osseuses péri-implantaire. L'effraction d'une structure anatomique (nerf, artère, sinus) ou l'insertion dans le ligament ou dans une racine dentaire est à proscrire. Une importante proximité entre une mini-vis et une racine augmente le risque d'échec ^[51]. La fracture du mini-implant ou une stabilité mécanique initiale insuffisante peut aussi survenir.

4.3. Facteurs implantaires :

Il prend en compte le choix du matériel mini-implantaire (type de surface et morphologie) et la répartition de la charge orthodontique ^[49] : une surcharge peut provoquer une mobilité de mini-vis et une résorption osseuse. Les forces exercées doivent être continues et relativement faibles. Les forces appliquées sur les mini-vis ne doivent pas excéder 400 g afin d'éviter les risques de surcharge.

5. Complications :

5.1. Contraintes liées au patient :

En odontologie et en orthodontie, tout acte doit être réalisé sur un patient dont l'état de santé est parfaitement connu. Un questionnaire médical bien mené et un bilan radiologique sont des éléments indispensables pour rechercher une contre-indication d'ordre local ou général à la pose de mini-vis. En cas de doute, ils peuvent être complétés par un bilan biologique.

5.1.1. Contraintes locales :

5.1.1.1. Éléments anatomiques :

La proximité d'éléments anatomiques tels que le sinus maxillaire, le nerf lingual, le nerf et l'artère alvéolaire inférieur, le foramen mentonnier, l'artère palatine descendante, les insertions musculaires peuvent contre-indiquer certains sites. Il est donc indispensable, pour tout site éventuel, d'objectiver la présence de ses éléments avant tout choix définitif d'un site. De même, les espaces inter-radiculaires doivent être évalués radiologiquement.

5.1.1.2. Sites osseux en cours de remodelage :

Une activité de remodelage osseux est observée à la suite d'une extraction ou d'une résorption de dent temporaire. L'utilisation de ses sites est contre-indiquée jusqu'à la cicatrisation complète.

5.1.1.3. Support parodontal :

En présence d'une épaisseur de corticale inférieure à 0.5 mm, une stabilité primaire satisfaisante ne peut pas être obtenue. Le pronostic est donc défavorable. La présence d'une légère alvéolyse ne contre-indique pas la pose de mini-vis, dans la mesure où la maladie parodontale est maîtrisée et où les autres facteurs sont favorables. La hauteur de gencive attachée disponible doit être suffisante pour permettre l'insertion d'une mini-vis et assurer une interface mini-vis / tissus mous stable.

La présence d'un torus, d'un frein ou d'une bride contre-indique la pose d'une mini-vis en raison des risques d'irritations.

5.1.2. Contraintes générales :

5.1.2.1. Hygiène orale :

Dans la cavité buccale, le site opératoire est soumis au risque de contamination bactérienne. La présence en bouche de mini-vis requiert donc une hygiène bucco-dentaire irréprochable afin d'éviter les phénomènes inflammatoires et infectieux.

5.1.2.2. Age du patient :

Dans le cas particulier des adolescents, le praticien ne doit pas perdre de vue que l'os est qualitativement et quantitativement moins important. La stabilité primaire peut donc s'avérer insuffisante. Par ailleurs, la présence de germes dentaires réduit le nombre potentiel de site d'insertion. Pour ces raisons, il est déconseillé d'envisager un traitement par mini-vis avant l'âge de 15 ans.

5.1.2.3. Motivation et coopération du patient :

La coopération du patient est un élément primordial de la réussite du traitement. Elle passe par une information précise donnée au patient concernant les différentes possibilités thérapeutiques, le coût, les contraintes, le déroulement, les avantages et inconvénients de chacune d'elles.

5.1.2.4. Tabagisme :

Le tabac est un facteur d'altération de la cicatrisation et de métabolisme osseux. De ce fait, en fonction de la quantité de tabac consommé, la réponse tissulaire de patient fumeur est altérée.

La décision thérapeutique et l'élaboration du plan de traitement doivent tenir compte de ses données. Le patient doit être sensibilisé et informé du facteur de risque que constitue le tabac sur le pronostic du traitement.

5.1.2.5. Contraintes liées à la grossesse :

Les modifications métaboliques, endocriniennes et comportementales qui touchent la femme pendant la grossesse nécessitant des précautions particulières.

- Information de la patiente :

La pose de mini-vis est un acte qui, généralement, peut être différé pour des raisons de confort et d'anxiété. Cependant, si cette thérapeutique est maintenue, il est indispensable d'expliquer à la patiente le déroulement du traitement et notamment de la pose. Cette étape a pour objectif de gérer l'anxiété que peut ressentir la patiente concernant les répercussions que peut avoir cet acte sur la santé de son enfant.

- **Position de la patiente :**

La patiente doit être installée en position semi-assise et dès le cinquième mois de grossesse, en léger décubitus latéral gauche afin d'éviter la compression de la veine cave inférieure par l'utérus.

- **Précaution d'ordre général :**

Il est conseillé de prendre contact avec la gynécologue afin de s'informer sur le déroulement de la grossesse, avant le début de traitement. La prise de la pression artérielle est nécessaire avant la séance. En cas de maxima au-delà de 150 mm Hg, il est prudent de reporter la séance.

5.2. Mobilité et désinsertion de la mini-vis :

L'apparition de la mobilité d'une mini-vis en cours de traitement est généralement due à un défaut de stabilité primaire ou à un traumatisme chirurgical qui engendre un dévissage. La mobilité est alors observée rapidement après la mise en charge de la mini-vis.

- **Conduite à tenir :**

En présence d'une légère mobilité compatible avec un ancrage suffisant, la mini-vis peut être laissée en place. Une mobilité plus importante contraint le praticien à déposer la mini-vis.

- **Prévention :**

Il est impératif de respecter rigoureusement le protocole de mise en place d'une mini-vis afin de réduire le traumatisme chirurgical.

Le délai de mise en charge ainsi que les forces appliquées doivent être adaptés au diamètre de la vis et à la qualité de la stabilité primaire obtenue. La force de traction exercée sur la mini-vis ne doit pas se faire dans l'axe d'insertion au risque de favoriser le dévissage.

5.3. Fracture de la mini-vis :

La première cause de fracture est l'inadéquation entre la mini-vis choisie et les forces appliquées pour obtenir le mouvement souhaité. Ainsi, la fracture peut résulter d'un diamètre trop fin associé ou non à une longueur excessive. Elle est consécutive à un mouvement de torsion.

La deuxième cause de fracture réside dans la mauvaise évaluation de la résistance de la corticale osseuse ou dans le non-respect du protocole chirurgical.

- **Conduite à tenir :**

La fracture se produit généralement au niveau du col qui est une zone de fragilité. La meilleure prévention tient du bon choix du diamètre et d'une technique de pose adéquate minimisant le risque de fracture à la dépose. Au besoin, un trépan peut être utilisé si la fracture ne laisse pas de spires supra-osseuses.

5.4. Infection :

Elle n'est que très rarement observée sur un terrain local et général sain.

- **Péri-implantite :**

Elle correspond à une inflammation muqueuse autour de la mini-vis avec une perte osseuse clinique et radiologique évidente, saignement provoqué, suppuration, infiltration épithéliale et souvent mobilité associée.

5.5. Lésions radiculaires :

La lésion d'une racine dentaire par une mini-vis résulte soit d'une erreur d'appréciation de l'espace inter-radiculaire disponible, soit d'un mauvais axe d'insertion. Elle peut également survenir en cours de traitement si les mouvements dentaires engendrent une proximité entre la mini-vis et une racine.

Une lésion radiculaire se traduit par une douleur pendant l'insertion de la mini-vis alors qu'une atteinte du ligament parodontal se manifeste par une sensibilité plus ou moins importante lors de la mastication.

- **Conduite à tenir :**

Des clichés rétro-alvéolaires sous différentes incidences permettent de confirmer le diagnostic. La lésion radiculaire franche est exceptionnelle si le site d'insertion est correctement choisi et si le protocole chirurgical est bien mené. Cependant, elle conduit généralement à la perte de la dent.

La lésion du ligament parodontal, plus fréquente, est souvent réversible. Elle nécessite la dépose de la mini-vis et éventuellement la prescription d'un antalgique de niveau I. Le praticien doit cependant observer la cicatrisation avant d'envisager la mise en place d'une nouvelle mini-vis à proximité de ce site.

5.6. Lésions neurologiques :

- **A la mandibule :**

Le risque de lésion d'une branche nerveuse concerne principalement deux secteurs : le secteur prémolaire vestibulaire et le site rétro-molaire.

La lésion du nerf mentonnier se traduit cliniquement par l'apparition d'une paresthésie labio-mentonnière tandis que la lésion du nerf lingual engendre une perte de la sensibilité de la langue du côté de la mini-vis.

- **Au maxillaire :**

Le risque de lésion concerne le nerf grand palatin à l'émergence de son foramen.

5.7. Lésions vasculaires :

Au niveau palatin, la lésion d'une branche de l'artère palatine descendante est fréquente en raison de la configuration en réseau de cette artère.

En clinique, se traduit par l'apparition d'un saignement peropératoire qui peut être facilement arrêté par une compression du site opératoire, éventuellement associée à une analgésie avec une solution contenant un vasoconstricteur.

Cette lésion n'engendre pas de troubles trophiques de la muqueuse en raison de vascularisations complémentaire et collatérale (artère pharyngienne et palatine ascendante).

5.8. Effraction sinusienne ou nasale :

L'effraction sinusienne est souvent consécutive à une mauvaise appréciation de la morphologie et du volume sinusiens, associée à un axe d'insertion trop angulé en direction apicale ou à une insertion trop haute de la mini-vis.

En revanche, la perte de la vis dans ces zones anatomiques impose une prise en charge ORL.

5.9. Recouvrement de la mini-vis par les tissus mous :

Le recouvrement de la tête de la mini-vis par les tissus mous survient lorsque la vis est insérée profondément, en association avec une hygiène mal maîtrisée. Cette hypertrophie n'est généralement pas douloureuse [3].

- **Conduite à tenir :**

La tête de la mini-vis doit être dégagée en pratiquant une petite incision sous analgésie locale. Le traitement est alors poursuivi à l'aide d'un ressort en nickel-titan et non avec des chaînettes élastiques.

- **Prévention :**

Avant de commencer un traitement par mini-vis, il est indispensable d'effectuer un détartrage et de s'assurer que le patient maîtrise les gestes pour une bonne

hygiène orale. Le praticien doit sensibiliser le patient à la part de l'hygiène orale dans la réussite du traitement.

5.10. Lésion des tissus environnants :

Placées en regard de zones muqueuses mobiles telles que les lèvres ou la face interne des joues, les mini-vis peuvent provoquer par frottement l'apparition de lésions ulcéreuses et douloureuses.

- Conduite à tenir :

La tête de la mini-vis peut être recouverte de cire orthodontique ou encore de composite afin de permettre la cicatrisation des lésions. La guérison est généralement obtenue au bout d'une dizaine de jours.

- Prévention :

Si, pour les besoins du traitement, des mini-vis doivent être insérer en regard de muqueuse mobile (joues, lèvres, commissures labiales), le praticien peut recouvrir la tête de la vis de composite ou de cire dès sa mise en place afin de prévenir l'apparition de lésions.

6. Contre-indications :

6.1. Contre-indications générales :

6.1.1. Contre-indications générales absolues :

- Cardiopathie valvulaire, infarctus du myocarde récent
- Hémopathie, hémophilie, leucémie aigue
- Déficit immunitaire grave, congénital ou acquis
- Affection maligne au pronostic vital engagé, SIDA évolué
- Hémodialyse constante
- Greffe d'organe, et ceux sous traitement immunosuppresseurs
- Ostéoporose traitée par biphosphonates en intraveineuse

6.1.2. Contre-indications générales relatives :

- Grossesse.
- Syphilis secondaire ou tertiaire.
- Insuffisance cardiaque coronarienne.
- Traitement anticoagulant.
- Insuffisance rénale chronique.
- Traitement antimitotique.

- Maladie auto-immune.
- Corticothérapie à forte dose.
- Diabète non équilibré, maladie endocrinienne non contrôlée.
- Psychopathie grave ou une incapacité intellectuelle des patients.
- Toxicomanie, abus d'alcool, de tabac ou de médicaments.
- Ostéoporose.
- Séropositivité au VIH.

6.2. Contre-indications locales :

6.2.1. Contre-indications locales définitives :

- Radiothérapie de la région maxillo-faciale (risque ostéoradionécrose)
- Tumeur évolutive de la muqueuse buccale
- Quantité et qualité d'os insuffisante (susceptible d'affecter la stabilité de l'ancrage)
- Proximité des éléments anatomique (sinus, racine, trou mentonnier, ...).

6.2.2. Contre-indications locales temporaires :

- Hygiène bucco-dentaire insuffisante
- Pathologie de la muqueuse au site implantaire
- Parodontopathie non stabilisée
- Infection péri-dentaire voisine (poche, kyste, ...)

TROISIÈME PARTIE

CAS CLINIQUES

Cas clinique n°1 ^[52] : (Dr. Diego Peydro Herrero, Espagne)

Il s'agit d'une femme âgée de 27 ans qui a consulté pour un motif esthétique : Sourire gingival avec encombrement dentaire.

L'examen clinique révèle des relations molaires de Classe II droite et gauche, une supraclusion de +5 mm avec rétroalvéolie supérieure et inférieure, des canines supérieures ectopiques et un profil convexe (Figure 137).

Le diagnostic posé est celui d'une Classe II division 2.



Plan de traitement :

1. Alignement des arcades dentaires sans extraction avec system Invisalign associé à des mini-vis (figure 138).
2. Nivellement et élargissement des arcades en réduisant les corridors buccaux.
3. Prévention de l'aggravation du sourire gingival antérieur et postérieur à l'aide des mini-vis.
4. Correction du CI II par TIM CI II et mini-vis (figure 138).
5. Réduction de la supraclusion par une intrusion en utilisant un élastique placé entre les mini-vis et deux canines supérieures et une pro-inclinaison des incisives inférieures (figure 138).
6. Correction de la rétroalvéolie des incisives supérieures et inférieures en augmentant un torque radiculo-palatin.



Figure 138 : Des élastiques de Classe II et des mini vis/boutons ont été utilisés.

Deux gouttières de contentions ont été confectionnées pour maintenir les résultats obtenus, avec port continu le premier mois, puis un port nocturne uniquement.



Figure 139 : Photos de fin de traitement.

Cas clinique n°2 ^[53] : (Dr. Sada Garralda, Espagne)

Il s'agit d'une femme âgée de 25 ans qui a consulté pour un motif esthétique : Béance antérieure et encombrement dentaire.

L'examen clinique a montré l'absence du stomion au repos, avec augmentation de l'étage inférieur, profil convexe.

L'examen endo-buccal retrouve une Classe II molaire et canine droite et gauche, une béance antérieure et un overjet augmenté.

L'examen radiographique confirme la Classe II squelettique.

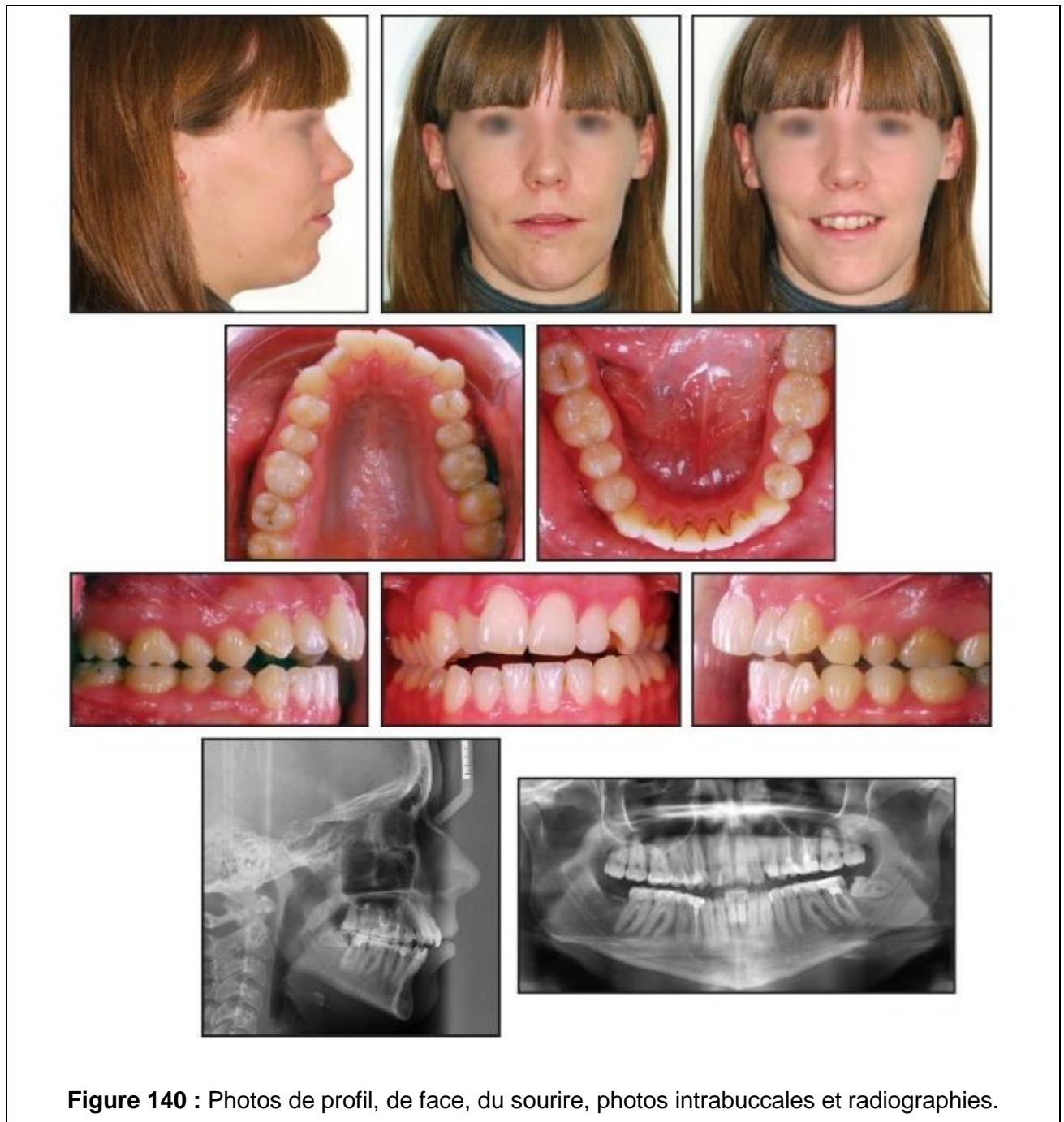


Figure 140 : Photos de profil, de face, du sourire, photos intrabuccales et radiographies.

Plan de traitement :

1. Les DDS supérieures ont été extraites, laissant de l'espace pour la mise en place de mini-vis dans les tubérosités maxillaires.
2. La mise en place des mini vis a été effectuée six mois après les extractions des DDS supérieures.
3. Deux mini-vis (1,6 mm x 10 mm) ont été placées en distal par rapport aux deuxièmes molaires dans les tubérosités maxillaires (Figure 141).



Figure 141 : Six mois après l'extraction des DDS supérieures, une mini-vis est placée dans chaque tubérosité maxillaire.

Résultat de traitement :

Le traitement orthodontique a été complété en **31 mois**, la béance étant fermée et l'overjet corrigé. Des relations de Classe I droite et gauche ont été établies (Figure 142).

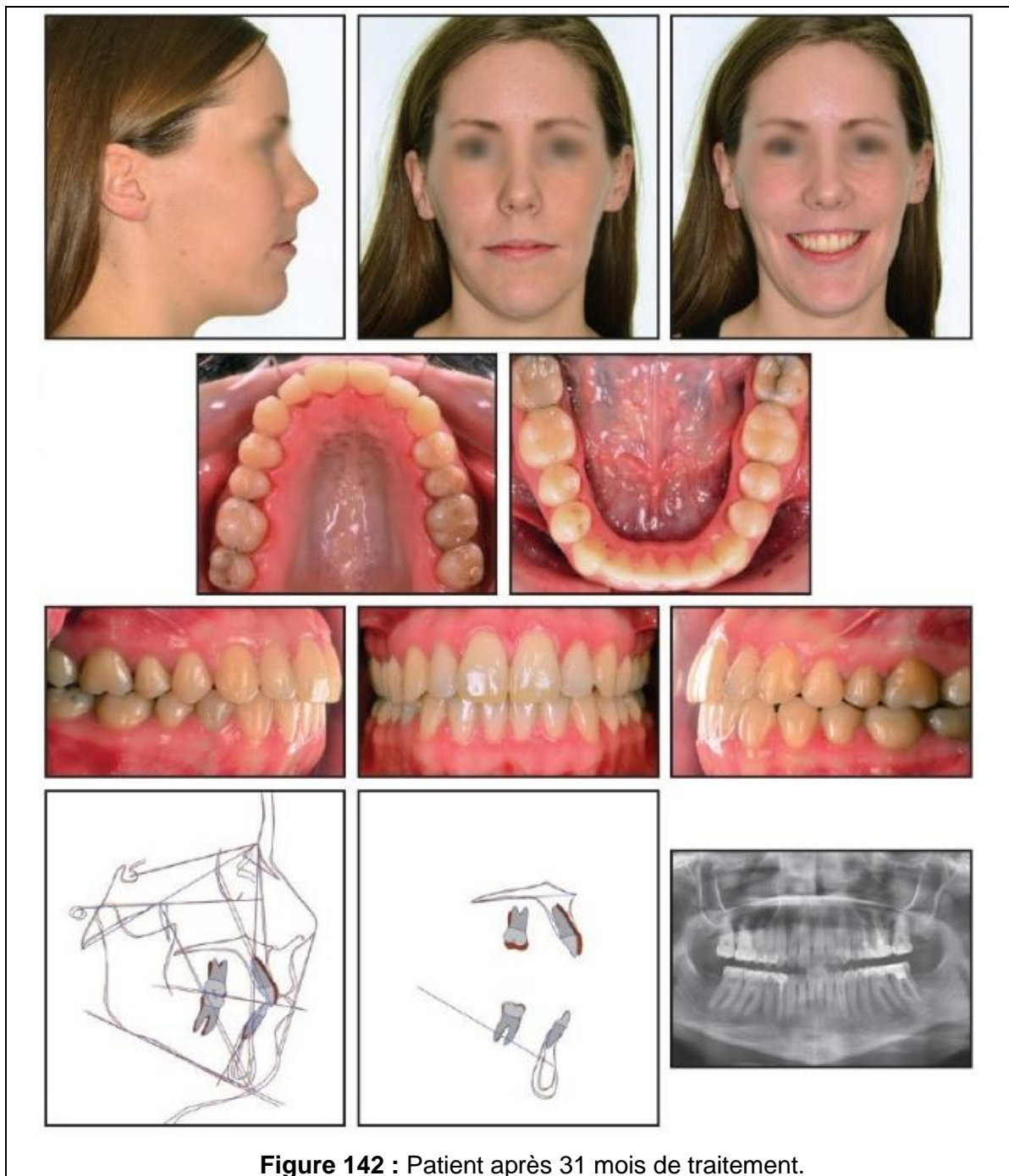


Figure 142 : Patient après 31 mois de traitement.

Après deux ans de contention l'alignement et le nivellement corrects de la denture dans les deux arcades ont été maintenus. (Figure 143).



Figure 143 : Deux ans après la fin de traitement.

Cas clinique n°3 ^[54] : (Dr. Ming-Jen Chang, Taïwan)

Il s'agit d'une femme âgée de 20 ans qui a consulté pour un motif esthétique et fonctionnel : une béance antérieure et une fonction masticatoire perturbée.

L'examen clinique révèle une malocclusion de Classe III molaire et canine, béance antérieure, une déviation de la ligne médiane du menton, un articulé croisé postérieur, la persistance de la canine supérieure droite temporaire, et une position ectopique de la 13 (figure 144).

L'analyse radiographique confirme la Classe III squelettique.

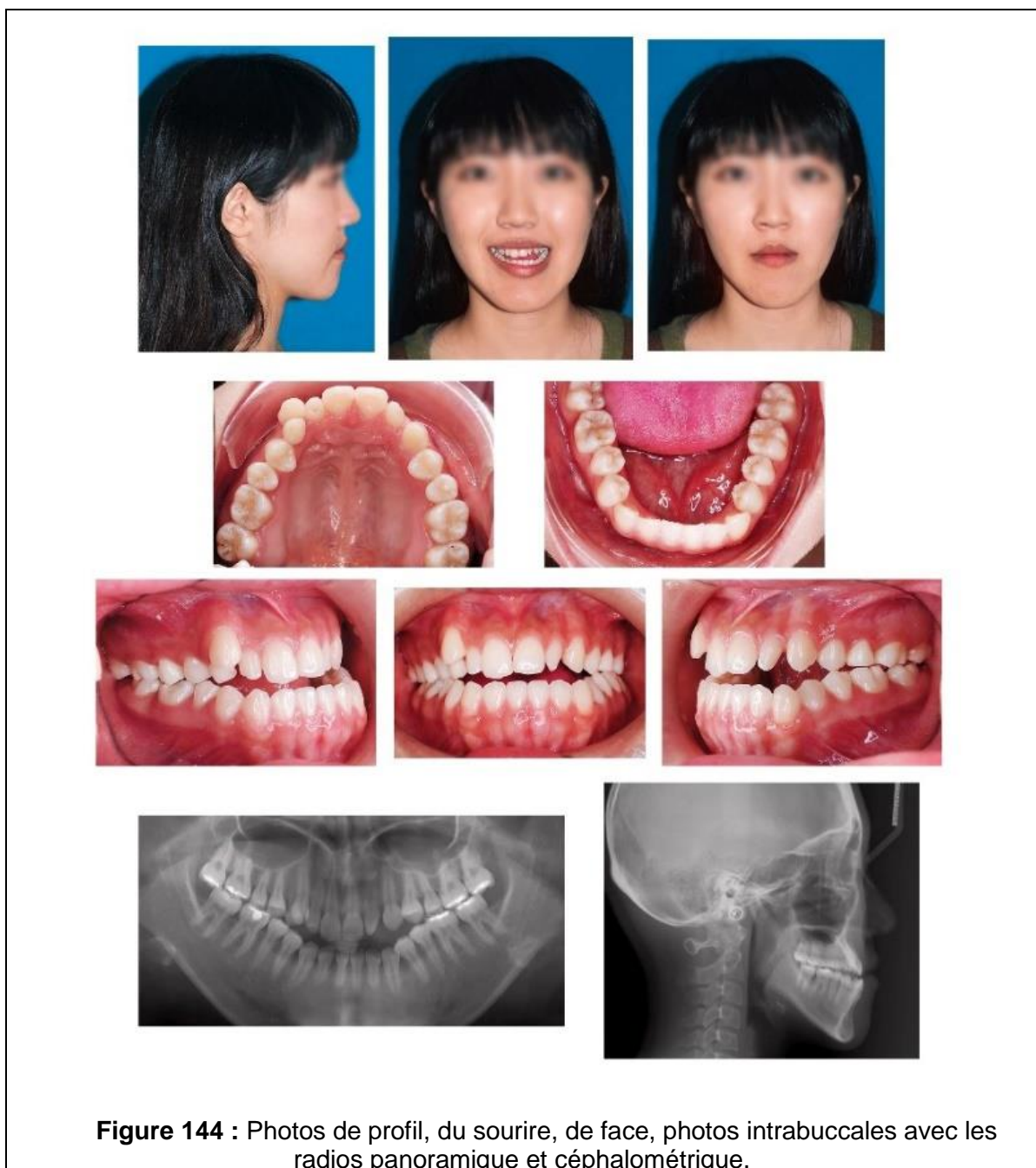


Figure 144 : Photos de profil, du sourire, de face, photos intrabuccales avec les radios panoramique et céphalométrique.

Plan de traitement :

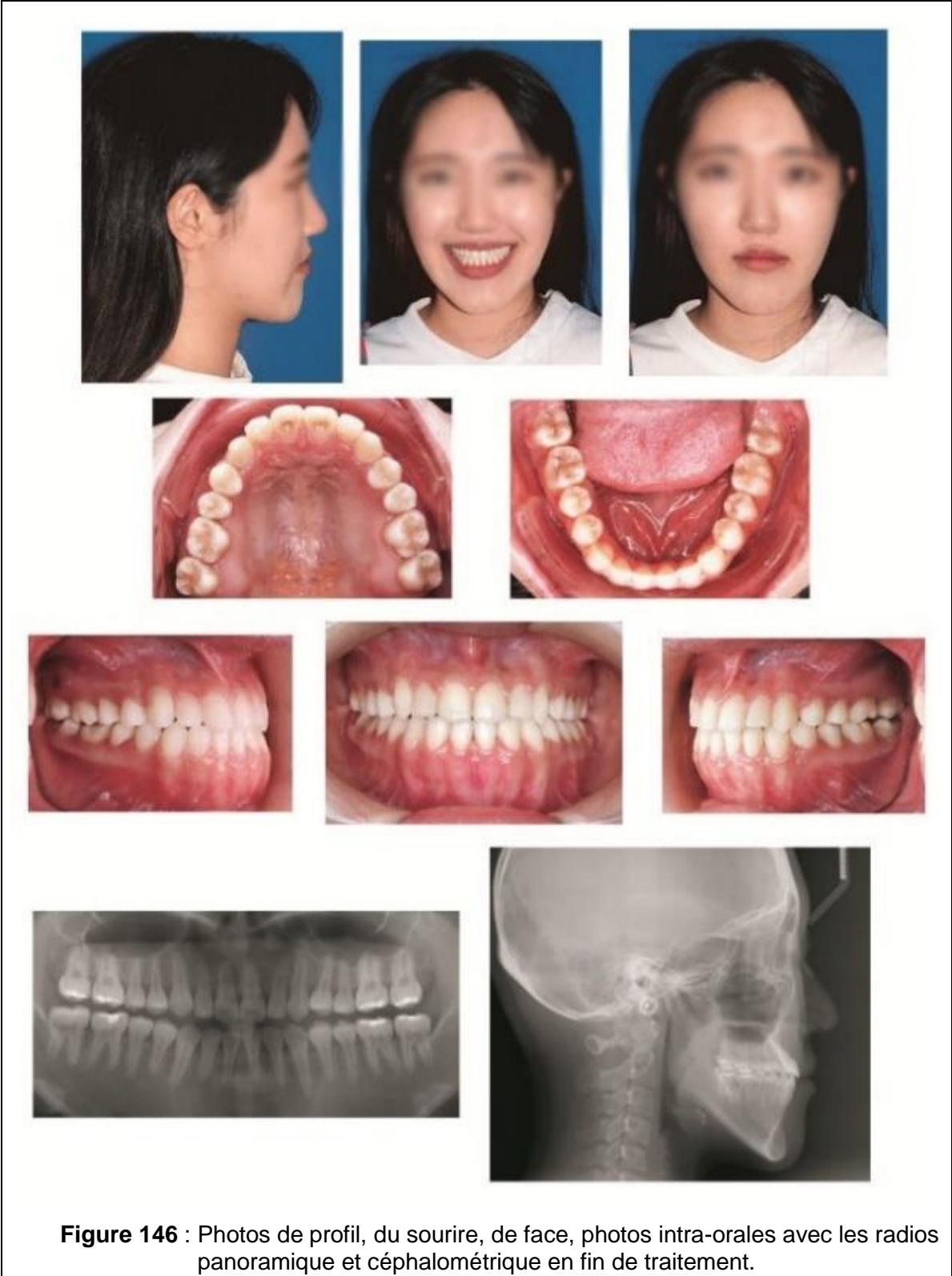
1. Contrôler l'extrusion du segment postéro-supérieur, induite par l'utilisation d'élastiques de Classe III en utilisant deux mini-vis (2x8-mm) infrazygomatiques gauche et droite.
2. Corriger la ligne médiane maxillaire avec une force de rétraction différentielle avec les mini-vis IZC.
3. Corriger la ligne médiane maxillaire avec une force de rétraction différentielle avec les mini-vis IZC.
4. Corriger la déviation de la ligne médiane inférieure par deux mini-vis de buccal shelf (MBS) gauche et droite.
5. Corriger l'articulé croisé postérieur par une expansion du maxillaire.
6. Corriger l'occlusion par repositionnement du bracket.
7. Maintenir le segment antéro-inferieur à l'aide d'un dispositif de rétention à ressort et utiliser une gouttière à l'arcade supérieure.



Résultat de traitement :

Le traitement orthodontique a été complété en **21 mois**, la béance étant fermée et l'overjet corrigé, des relations de Classe I droite et gauche ont été établies avec la correction de la déviation de la médiane et du menton (Figure 146).

En fin de traitement la fonction masticatoire a été rétablie.



CONCLUSION :

L'avènement de l'ancrage squelettique par mini-vis, tout en révolutionnant la notion d'ancrage en orthodontie, permet d'obtenir un ancrage osseux plus stable pour l'application des systèmes de forces biomécaniques orthodontiques. De plus, il permet de s'affranchir des auxiliaires d'ancrage conventionnels encombrants et nécessitant la coopération du patient. En offrant un ancrage quasi absolu, les mini-vis permettent d'appliquer les forces de déplacements souhaitées tout en évitant l'apparition de mouvements indésirables et incontrôlés.

Le succès des traitements orthodontiques à l'aide d'un ancrage squelettique passe par une maîtrise de la biomécanique appliquée aux mini-vis. Le choix de la mécanique, qu'elle soit sectionnelle ou continue, que l'ancrage soit direct ou indirect devra être maîtrisé. Puisqu'elles permettent de réaliser un mouvement proche du mouvement idéal souhaité. Cependant, Le choix du site d'implantation est crucial car il influence directement la pérennité du traitement par mini-vis. Il faut donc tenir compte de la situation clinique rencontrée, du type de mouvement souhaité, de la proximité des éléments anatomiques adjacents, mais surtout bien analyser le volume, la densité et l'épaisseur de l'os dans lequel la mini-vis va être insérée. Ces critères permettent d'obtenir une bonne stabilité primaire, sans laquelle la mini-vis ne peut remplir son rôle d'ancrage.

L'analyse radiographique et l'identification précise du site après l'élaboration d'un plan de traitement sont des étapes essentielles au bon déroulement du traitement, et permettent de choisir le diamètre et la longueur de la mini-vis les plus adaptés au cas clinique.

Ce système d'ancrage squelettique peut être utilisé pour la majorité des malocclusions dentaires, il permet de réduire la durée de traitement orthodontique, de limiter l'apparition d'effets parasites et d'alléger un appareillage complexe mal toléré par le patient. Il possède de nombreux avantages qui facilitent le bon déroulement du traitement orthodontique et satisfont davantage le patient.

Malgré tout, des complications per ou postopératoires très contraignantes pour le patient peuvent survenir au cours ou à la suite de leur pose. La majorité des complications relatives concernent la santé des tissus mous entourant les mini-vis.

Aujourd'hui les mini-vis occupent une place de choix en orthodontie moderne. Elles procurent un renfort d'ancrage temporaire appréciable, avec un protocole de pose et de dépose relativement simple par rapport aux autres ancrages osseux ; mais reste une technique assez récente. Son efficacité dans les traitements orthodontiques est certaine ; elle offre une alternative à certains traitements orthodontico-chirurgicaux, mais son utilisation n'est pas encore parfaitement définie pour toutes les situations cliniques.

LISTE DES FIGURES :

Figure 1: Représentation schématique montrant l'os cortical externe et l'os trabéculaire interne ^[1]	14
Figure 2: Image MEB (microscopie électronique à balayage) d'une partie d'un os compact ^[2]	14
Figure 3 : Coupes scanners axiales montrant que les tables corticales sont plus larges à la mandibule qu'au maxillaire et dans les régions postérieures que dans les régions antérieures ^[3]	15
Figure 4 : La courbe contrainte-déformation révèle les propriétés mécaniques de l'os cortical et de l'os spongieux. Le support de l'os cortical est le facteur le plus important de la stabilisation mécanique ^[4]	15
Figure 5 : Les densités osseuses observées dans les secteurs maxillaire et mandibulaire ^[8]	17
Figure 6 : Séquence de remodelage de l'os alvéolaire ^[9]	20
Figure 7 : Modification du remaniement osseux lors de l'application d'une force.	22
Figure 8 : Schéma du mouvement de la dent lors d'application d'une force orthodontique.....	23
Figure 9 : La localisation de centre de résistance dépend de la hauteur de l'os alvéolaire et la longueur de la racine.....	24
Figure 10 : Le centre de résistance en différentes vues.	25
Figure 11 : Positions des centres de résistance ^[15]	25
Figure 12 : Le moment d'une force.....	26
Figure 13 : Mécanique du moment orthodontique.....	26
Figure 14 : Exemples cliniques de moments des forces.....	26
Figure 15 : La situation du centre de rotation par rapport au center de résistance et le mouvement obtenir.....	27
Figure 16 : Exemple clinique de couples de force.....	28
Figure 17 : Mouvement de version coronaire.....	28
Figure 18 : Mouvement de version radiculaire (effet de troque).	28
Figure 19 : Mouvement de translation.....	29
Figure 20 : Mouvement d'égression.	29
Figure 21 : Mouvement d'ingression.	29
Figure 22 : Mouvement de rotation.....	30
Figure 23 : Force d'action et de réaction égale et de sens opposé ($F_1=F_2$).	30
Figure 24 : -Surfaces radiculaires moyennes selon Freeman.....	33
Figure 25 : Ancrage extra-oral cervical, occipital et pariétal.....	35
Figure 26 : Masque extra-oral de Delaire (Ancrage extra-oral facial).	35
Figure 27 : Photographies cliniques des dispositifs.....	36
Figure 28 : Le Quad Helix.	36
Figure 29 : Arc transpalatin.....	36
Figure 30 : Elastique inter maxillaire de classe II et de classe III.	37
Figure 31 : Ancrage supra implantaire.....	38
Figure 32 : Implant rétromolaire de Roberts et al ^[25]	38
Figure 33 : Implant palatin et dispositif Beneslider Wilmes et al ^[27]	38
Figure 34 : Vue intra-buccale montrant la rétraction et l'intrusion avec les ligatures de zygoma.....	39

Figure 35 : Recul par traction sur crochet dentaire, Crochet fixe relié à la plaque. ...	39
Figure 36 : Deux micro-vis corticales au niveau de bord inférieur de l'orifice piriforme.	40
Figure 37 : Traitement orthodontique avec ancrage par mini-vis.	40
Figure 38 : Schéma de différentes parties d'une mini-vis.	45
Figure 39 : Les différents types de tête de mini-vis.....	45
Figure 40 : (A) : Non enfouie ; (B) : Enfouie.	46
Figure 41 : (A) : Mini-vis à col court ; (B) : Mini-vis à col long ; (C) : Col en forme de corolle.	46
Figure 42 : Une vis autotaraudante et une vis autoforeuse.	47
Figure 43 : Mini-vis de longueurs différentes.	47
Figure 44 : Contrainte interne en fonction du diamètre de la mini-vis ^[29]	48
Figure 45 : Localisation des contraintes mécaniques lors de la dépose d'une mini-vis ^[29]	48
Figure 46 : Mini-vis en titane.....	49
Figure 47 : Mini-vis en acier inoxydable.....	49
Figure 48 : Mini-vis en biomatériaux résorbables.....	50
Figure 49 : Différents types de tournevis.	51
Figure 50 : À gauche mini-vis sous emballage stérile ; à droite mini-vis sous emballage non stérile comportant les recommandations pour la stérilisation.	51
Figure 51 : Trousse autoclavable contenant des mini-vis sélectionnées par le praticien et l'ancillaire.....	52
Figure 52 : Système de forces lors d'une rétraction avec crochets court, moyen et long.	56
Figure 53 : Incidence de la position sagittale du mini-vis sur la ligne d'action de la force.....	57
Figure 54 : Incidence de la longueur du crochet d'activation sur la ligne d'action de la force.....	58
Figure 55 : Ancrage direct et indirect par mini-vis.	58
Figure 56 : Coupe anatomique passant par une molaire et montrant un prolongement inter radiculaire du sinus maxillaire ^[36]	59
Figure 57 : Relations des Apex avec le mur inférieur du sinus.....	60
Figure 58 : Les différentes catégories du sinus.....	60
Figure 59 : Coupe frontale passant par les cavités nasales. Chaque cavité nasale est comprise entre sinus maxillaire en dehors, la cavité orbitaire en haut et cavité buccale en bas ^[36]	60
Figure 60 : Coupe para-sagittale du massif maxillo-facial après injection du réseau artériel, montrant la sortie de l'artère palatine descendante du foramen grand palatin.	61
Figure 61 : Dissection du conduit grand palatin montrant les éléments du pédicule : nerf grand palatin (accroché en vert).	61
Figure 62 : Coupe axiale des maxillaires passant par les racines dentaires, objectivant les variations interindividuelles des espaces inter-radiculaires.....	62
Figure 63 : Vue médiale montre les rapports de l'artère alvéolaire inférieure et du nerf alvéolaire inférieur.	62
Figure 64 : Mandibule fraîche disséquée, en vue latérale, montrant l'émergence du pédicule mentonnier ^[36]	63
Figure 65 : Les deux images montre le chemin du nerf lingual.....	63

Figure 66 : Les espaces inter-radiculaires s'élargissent dans les secteurs prémolaires et molaires mandibulaires ^[38]	64
Figure 67 : Le panoramique dentaire est insuffisant pour évaluer précisément les conditions osseuses.....	64
Figure 68 : Le bilan rétro-alvéolaire.....	65
Figure 69 : Coupe scanner d'acquisition (axiale) montrant l'épaisseur des corticales osseuses et le trajet du pédicule mandibulaire.....	66
Figure 70 : Reconstructions coronales ou coupe vestibulo-linguales montrant l'épaisseur des corticales osseuses.....	66
Figure 71 : Reconstruction panoramique. Le trajet du pédicule mandibulaire est bien visible. Il est donc facile de l'éviter.....	66
Figure 72 : Reconstruction 3D d'une mandibule. Ce type d'image permet de visualiser la forme des tables osseuses.....	66
Figure 73 : Le Cône Beam.....	67
Figure 74 : L'espace inter radiculaire entre les deux centrales supérieures ; Une mini-vis de 1.6x6mm est insérée entre les deux centrales entraînant leur ingression.....	68
Figure 75 : Coupe scanner axiale montrant l'étroitesse des espaces inter-radiculaire, une faible épaisseur d'os spongieux ^[36]	68
Figure 76 : L'espace inter radiculaire entre la deuxième prémolaire et la première molaire coté vestibulaire.....	68
Figure 77 : Coupe scanner frontale passant par le secteur maxillaire postérieur droit et montrant la faible épaisseur osseuse et la proximité du sinus maxillaire ^[39]	69
Figure 78 : Zone de sécurité en bleu appropriée à la mise en place des vis sur la zone palatine paramédiane ^[4]	70
Figure 79 : L'espace compris entre la deuxième prémolaire et les racines de la première molaire.....	70
Figure 80 : Insertion inter-radiculaire entre l'incisive latérale inférieure et canine, utilisé pour une protraction molaires.....	70
Figure 81 : Mini-vis insérée au niveau du versant vestibulaire antérieur.....	71
Figure 82 : Insertion inter radiculaire entre la seconde prémolaire inférieure et la première molaire.....	71
Figure 83 : Mini-vis insérée au niveau du versant vestibulaire postérieur.....	71
Figure 84 : Insertion tubérositaire ^[36]	72
Figure 85 : L'os de la tubérosité maxillaire de qualité moindre ^[36]	72
Figure 86 : L'épaisseur d'os cortical permet de placer une mini-vis au niveau de suture palatine ^[4]	73
Figure 87 : Une mini-vis insérée pour provoquer l'intrusion des molaires lors du traitement d'un open bite antérieur.....	73
Figure 88 : Les positions pratiques pour une mini vis sur la crête zygomatique.....	73
Figure 89 : Emplacement de la mini vis au niveau de la crête zygomatique.....	74
Figure 90 : Mini-vis insérée au niveau de la région rétro-molaire.....	74
Figure 91 : Redressement de l'axe d'une molaire mandibulaire incluse.....	75
Figure 92 : Emplacement de la mini vis au niveau de Ramus.....	75
Figure 93 : Situation de la mini vis par rapport au canal alvéolaire inférieure.....	75
Figure 94 : Situation de la mini vis par rapport au muscles ptérygoïdien interne et temporale.....	76
Figure 95 : Emplacement de la mini vis au niveau de la ligne oblique externe.....	76

Figure 96 : Technique de recul séquentiel en technique vestibulaire. Ce système entraîne une contraction de l'arcade maxillaire : effet bowing ^[38]	78
Figure 97 : Système anti-décompensation de Classe II -2 en Classe II -1. On peut utiliser une simple ligature toronnée ou un module élastique de faible intensité ^[38]	79
Figure 98 : Système anti-décompensation de Classe II -2 en Classe II -1 + recul en masse ^[38]	79
Figure 99 : Deux mini-vis ont été placées dans la tubérosité pour reculer le secteur droit maxillaire.	80
Figure 100 : Une mini-vis a été placée dans le trigone rétromolaire pour redresser et distaliser une deuxième molaire.	80
Figure 101 : Méthode de correction de l'encombrement mandibulaire par recul séquentiel en deux temps des secteurs latéraux (l'ancrage indirect est signalé par une étoile) ^[38]	81
Figure 102 : Méthode de correction de l'encombrement mandibulaire par recul en masse des secteurs latéraux (l'ancrage est direct) ^[38]	82
Figure 103 : Méthode de rétraction unitaire de la canine par ancrage direct vestibulaire avec un module élastique ^[38]	83
Figure 104 : Méthode de rétraction unitaire de la canine par ancrage direct palatin avec un module élastique direct ou un lasso (effet anti-bowing) ^[38]	83
Figure 105 : Méthode de rétraction unitaire de la canine par ancrage indirect en vestibulaire. Un toron métallique solidarise la mini-vis à la deuxième prémolaire qui sert d'ancrage au module élastomérique ^[38]	83
Figure 106 : Méthode de recul en masse incisivo-canin en ancrage direct avec une potence ickare qui permet un contrôle vertical d'ingression ^[38]	84
Figure 107 : Méthode de recul en masse incisivo-canin en ancrage direct palatin avec une ligature élastomérique ^[38]	85
Figure 108 : Méthode de recul en masse incisivo-canin par ancrage indirect palatin ^[38]	85
Figure 109 : Méthode de recul en masse incisivo-canin par ancrage indirect vestibulaire ^[38]	85
Figure 110 : Procédé recommandé pour la mésialisation d'une molaire inférieure par double ancrage indirect ^[38]	86
Figure 111 : Procédé recommandé pour la mésialisation de l'hémi-arcade maxillaire dans le cas d'agénésie de la canine ou des incisives latérales ^[38]	87
Figure 112 : Mésialisation molaire à l'aide de deux mini-vis situées en interdentaire du côté palatin ^[40]	87
Figure 113 : Procédé recommandé pour la mésialisation de l'arcade maxillaire complète dans les compensations de Classe III ^[38]	88
Figure 114 : Procédé recommandé pour la mésialisation de l'arcade mandibulaire complète sans affecter l'arcade maxillaire ^[38]	88
Figure 115 : Technique de redressement molaire avec une mini-vis positionnée distalement ^[40]	89
Figure 116 : Différents types d'ingression incisive en fonction du point d'application de la force ^[4]	90
Figure 117 : Plan de traitement pour le plan d'occlusion : Ingression parallèle (a) ou non parallèle (b) ^[4]	91
Figure 118 : Considérations biomécaniques pour le contrôle du premier et troisième ordre ^[4]	92

Figure 119 : Ingression unitaire postérieure à l'aide d'un tripode constitué de 3 mini-vis ^[38]	93
Figure 120 : Ingression molaire bilatérale ^[40]	93
Figure 121 : Ingression molaire à l'aide d'un ancrage indirect et de boucles en L ^[4]	93
Figure 122 : Béance squelettique chez un patient de 15 ans.	94
Figure 123 : Différents types d'égression en fonction du point d'application de la force ^[4]	95
Figure 124 : Quatre possibilités d'utilisation des mini-vis dans les tractions de canines incluses ^[38]	96
Figure 125 : Correction d'une exo-alvéolie d'une molaire maxillaire à l'aide de mini-vis ^[40]	97
Figure 126 : Correction d'une endo-alvéolie d'une molaire mandibulaire à l'aide de mini-vis ^[40]	98
Figure 127 : Expansion palatine rapide avec deux mini-vis servant d'ancrage ^[40] ...	98
Figure 128 : Constriction de l'arcade à l'aide d'une mini-vis médio-palatine ^[40]	99
Figure 129 : Correction d'un articulé inversé à l'aide d'un mini-vis ^[4]	99
Figure 130 : Correction d'une déviation des milieux inter-incisifs ^[4]	100
Figure 131 : Exemple d'un guide radiologique ^[43]	103
Figure 132 : L'épaisseur de la gencive influence le choix de la hauteur du col de la mini-vis.	103
Figure 133 : a : Insertion manuelle ; b : Insertion mécanique.....	104
Figure 134 : Angles d'insertion des mini-vis dans l'os alvéolaire, a : Insertion au maxillaire ; b : Insertion à la mandibule.4	104
Figure 135 : Contrôle radiographique de l'emplacement de la mini-vis.	105
Figure 136 : La cicatrisation osseuse et gingivale après dépose d'une mini-vis.	106
Figure 137 : Photos de profil, du sourire, de face et photos intrabuccales.	115
Figure 138 : Des élastiques de Classe II et des mini vis/boutons ont été utilisés....	116
Figure 139 : Photos de fin de traitement.....	117
Figure 140 : Photos de profil, de face, du sourire, photos intrabuccales et radiographies.	118
Figure 141 : Six mois après l'extraction des DDS supérieures, une mini-vis est placée dans chaque tubérosité maxillaire.	119
Figure 142 : Patient après 31 mois de traitement.	120
Figure 143 : Deux ans après la fin de traitement.....	120
Figure 144 : Photos de profil, du sourire, de face, photos intrabuccales avec les radios panoramique et céphalométrique.	121
Figure 145 : Mise en place des brackets associées à des mini vis infrazygomatiques.	122
Figure 146 : Photos de profil, du sourire, de face, photos intra-orales avec les radios panoramique et céphalométrique en fin de traitement.	123

BIBLIOGRAPHIE :

1. **L.A FLORENCE, B. JULIA.** Anatomie et physiopathologie en soins infirmiers 2018, Elsevier Masson SAS.
2. **T. Doktor, O. Jiroušek, D. Kytýř, P. Zlámal. & Jandejsek, I.** Real-time X-ray microradiographic imaging and image correlation for local strain mapping in single trabecula under mechanical load, *Journal of Instrumentation* 6, C11007 (2011).
3. **J.S LEE, J.K KIM, Y-C PARK, R.L VANARSDALL.** Applications of orthodontic mini-implants. Quintessence Chicago: 2007.
4. **J.S LEE, J.K KIM, Y.C PARK, S. KATABI, F. LIGER.** Applications cliniques des mini-implants en orthodontie. Quintessence International : 2008.
5. **T. JEMT, U. LEKHOLM.** Implant treatment in edentulous maxillae: a 5-year follow-up report on patients with different degrees of jaw resorption. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* 1995, 10 (3).
6. **F. RENOARD, B. RANGERT.** Prise de décision en pratique implantaire. Quintessence : 2005.
7. **P. Bränemark, G. ZARB, T. ALBREKTSSON.** Introduction to osseointegration. *Tissue Integrated Protheses: Osseointegration in Clinical Dentistry.* Quintessence Chicago: 1985.
8. **A. COSTI,** Mini-vis : les sources d'échecs. *L'Orthodontie Bioprogressive* 2008, 41-50.
9. **D. DORIGNAC, E. BARDINET, C. BAZERT, N. DEVERT, A DIONGUE A, A-M. DUHART.** Biomécanique orthodontique et notion de force légère ; 2008 Elsevier Masson SAS.
10. **R. BARON.** Histophysiologie des réactions tissulaires au cours du déplacement orthodontique. In : Château M, editor. *Orthopédie dentofaciale. Tome 1 : Bases fondamentales.* Paris : Prélart ; 1975. p. 328-64
11. **B. TERK, O. DENEUVILLE, E. FALQUE, J. FAURE, S. GANDIOL, L. PERRISNARD, et al.** Biophysique du déplacement dentaire orthodontique. *Orthod Fr* 1996 ;67 :63-72.
12. **K. REITAN.** The initial tissue reaction incident to orthodontic movement as related to the influence of function. *Acta Odontol Scand* 1951 ; 6(suppl) :1-49.
13. **K. REITAN.** Clinical and histologic observation on tooth movement during and after orthodontic treatment. *Am J Orthod* 1967 ;53 :721-45
14. **R. BONNEFONT. et F. GUYOMARD.** Rappel des notions de mécaniques utilisables en orthopédie dento-faciale. *Rev Orthop Dento Faciale.* 1979 Jan ;13(1) :5-25.
15. **JO, A-RA et al.** *The Korean Journal of Orthodontics* (2017),47(1):21.
16. **M. LANGLADE.** Thérapeutique orthodontique. 3eme éd. Paris : Maloine, 1986.
17. **L. MASSIF et L. FRAPIER.** Utilisation des minivis en orthodontie. *Encyl Med Chir (Paris), Odontologie\Orthopédie dentofaciale,* 23-492-A-17, 2006.
18. **S. MIYAWAKI, I. KOYAMA, I. MASAHIDE et coll.** Factors associated with stability of titanium screws placed in the posterior region for orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2003 ;124(4) :373-378.
19. **C.H TWEED,** *Clinical Orthodontic.* Mosby, 1966.
20. **J.R JARABAK,** *Technique and treatment with the light wire appliances.* St. Louis, Mosby Ed ;1963.

21. **E. LEJOYEUX et F. FLAGEUL.** Orthopédie Dento-Faciale, une approche Bioprogressive. Paris : Quintessence International, 1999.
22. **M. CHATEAU,** Orthopédie dento-faciale. Julien Prelat Ed. Paris ; 1970.
23. **R.M RICKETTS,** Bioprogressive therapy as an answer to orthodontics needs. Part II., A.J.O., 1976; 70: 359-397
24. **R.M RICKETTS, C.F GUGINO, R.W BENCH.** Bioprogressive therapy, Denver: Rocky Mountain;1980.
25. **W.E ROBERTS, J.K MARSHALL, P.G MOZSARY.** Rigid endosseus implant utilized as anchorage to protract molars and close an atrophic extraction site, Angle Orthod, 1990;60:135-152.
26. **H. WEHRBEIN, B. METZ, P. DIEDRICH, J. GLATZMAIER.** The use of palatal implants or orthodontic anchorage. Design and clinical applications of the orthosystem, Clin Oral Implants Res, 1996 ;7:410-416.
27. **B. WILMES, M. NIENKEMPER, B. LÜDWIG, R. NANDA, D. DRESCHER,** Upper-Molar Intrusion Using Anterior Palatal Anchorage and the Mousetrap Appliance, J Clin Orthod, 2013 ;314-320.
28. **B. MELSEN, J.K PETERSON, A. COSTA,** Zygoma ligatures: an alternative form of maxillary anchorage, J Clin Orthod, 1998;32:154-158.
29. **B. MELSEN,** Mini-implant: Where are we? J. Clin Orthod 2005 ;39(9):539-547.
30. **M. LEUNG, T. LEE, A. RABIE et coll.** Use of miniscrew and Miniplates in Orthodontics. JOral Maxillofac surg 2008 ;66: 1461-1466.
31. **A. CARANO, S. VELO, C. INCORVATI et coll.** Clinical applications of the mini screw anchorage system in the maxillary alveolar bone. Progress Orthod 2004;5(2);212-230.
32. **M.A PAPAPOPOULOS et F. TARAWNEH.** The use of miniscrew implants for temporary skeletal anchorage in orthodontics. A comprehensive review. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2007;103(5): e6-e15.
33. **H.S PARK, S.H JEONG et O.W KWON.** Factors affecting the clinical success of screw implants used as orthodontic anchorage. Am J Orthod Dentofac Orthop 2006 ;130(1) :18-25
34. **S. ELLOUZE, F. DARQUÉ,** Mini-implants\L'orthodontie de demain, éd. Quintessence International, 2012 ;3-24.
35. **S. ELLOUZE, F. DARQUÉ,** Mini-implants\L'orthodontie de demain, éd. Quintessence International, 2012 ;29-37.
36. **J-F GAUDY, B. CANNAS, J-L CHARRIER, L. GILLOT, T. GORCE,** Atlas d'anatomie implantaire. Elsevier Health Sciences; 2011.
37. **P. M POGGIO, C. INCORVATI, S. VELO, A. CARANO.** "Safe zones": a guide for miniscrew positioning in the maxillary and mandibular arch. The Angle orthodontist 2006, 76 (2), 191-197.
38. **B. LAZAROO, F. TILOTTA, J-F ERNOULT.** Les mini-vis: Ancre osseux en omnipratique et en orthodontie. Orthod Fr 2011.
39. **B. LAZAROO, F. TILOTTA, J-F ERNOULT.** Les mini-vis: ancre osseux en omnipratique et en orthodontie. Editions CdP, 2010.
40. **W.T Cheng, J.J Lin, W. Eugene Roberts,** IJOI 2018 Vol. 50, Pages 4-20.
41. **Chris H. Chang, S. Joshua Lin, W. Eugene Roberts.** Ramus screws: the ultimate solution for lower impacted molars, March 2018 Volume 24, Issue 1, Pages 135–154.

42. **L. Linda, Y Tseng, Chris H. Chang, and W. Eugene Roberts.** Diagnosis and conservative treatment of skeletal Class III malocclusion, April 2016 Volume 149, Issue 4, Pages 555–566.
43. **Chris H. Chang, S. Sean, Y. Liu, and W. Eugene Roberts.** Primary failure rate for 1680 extra-alveolar mandibular buccal shelf mini-screws, *The Angle Orthodontist*: November 2015, Vol. 85, No. 6, pp. 905-910.
44. **B. LUDWIG, S. BAUMGARTEL, S.J BOWMAN et coll.** Mini-implants in orthodontics-Innovative anchorage concepts. Quintessence Pub Co, 2008.
45. **S. KURODA, A.Y SAKAI et al.** Treatment of severe anterior open bite with skeletal anchorage in adults: Comparison with orthodontic surgery outcomes. *Am J Orthod Dentofac Orthop*, 2007 ;132 (5) :599-605.
46. **C.H. LESAGE.** Mini-screws in orthodontics: contribution of the 3D Cone Beam in the surgical technique. *Rev Odont Stomat*, December 2011; 40: 293-302.
47. **B. MELSEN, C. VERNA.** miniscrews implants: The Aarhus anchorage system. *Semin Orthod*, 2005; 11: 24-31.
48. **M. DAVARPANAH, M. CARAMAN, P.M KHOURY, E. AUGERAUD, A. AGACHI, S. SZMUKLER-MONCLER.** L'apport de l'ancrage squelettique en orthodontie. *Actualités odonto-stomatologique*, 2007; 237: 41-58.
49. **A. BUCHTER, D. WIECHMANN, S. KOERDT.** Load –related implant reaction of mini-implants used for orthodontic anchorage. *Clin Oral Implants Res*, 2005; 16: 473-479.
50. **J.H SUNG, H.M KYUNG, S.M BAE, H.S PARK, O.W KWON, J.A MCNAMARA.** Microimplants in orthodontics. *Korea Dentos*, 2006, p.178.
51. **S. KURODA, K. YAMADA, T. DEGUCHI, T. HASHIMOTO, H.M KYUNG, TTAKANROYAMOTO.** Root proximity is a major factor for screw failure in orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2007; 131: S68-73.
52. **Diego Peydro Herrero.** *IJOI* 2016 Vol. 43, Pages 52-66.
53. **Vincente Javier Sada Garralda.** *Journal of Clinical Orthodontics*, October 2016 Volume 50, Issue 10, Pages 605-612.
54. **Ming-Jen Chang, John Jin-Jong Lin, W. Eugene Roberts.** *IJOI* 2017 Vol. 45, Pages 4-20.

Résumé :

La notion d'ancrage est indissociable de l'orthodontie. Comme l'ancrage conventionnel a des inconvénients et des limites, la mini-vis est devenue une véritable révolution pour l'orthodontie. Suite à l'analyse des structures anatomiques voisines, les mini-vis permettent de satisfaire aux exigences des patients, d'optimiser la qualité de nos traitements et d'apporter des solutions thérapeutiques novatrices.

Le champ d'application de l'orthodontie s'accroît, avec l'apparition de nouvelles perspectives thérapeutiques. Ces ancrages osseux optimaux, dits « absolus », présentent un contrôle mécanique plus fiable et limitent l'apparition des mouvements parasites.

Les mini-vis fournissent un ancrage squelettique stable pour corriger la majorité des malocclusions et permettent la réalisation de mouvements orthodontiques complexes. La réussite de tels traitements nécessite une bonne planification et une bonne maîtrise de la biomécanique.

Abstract :

The notion of anchorage is inseparable from orthodontics. Since conventional anchorage has disadvantages and limitations, the mini screw has become a real revolution for orthodontics. Following the analysis of neighbouring anatomical structures, mini screws make it possible to meet the patients' demands, to optimize the quality of our treatments and to provide innovative therapeutic solutions.

The field of application of orthodontics is expanding, with the emergence of new therapeutic perspectives. These optimal bone-anchoring systems, known as "absolute", offer more reliable mechanical control and limit the appearance of parasitic movement.

Mini screws provide a stable skeletal anchorage to correct most malocclusions and allow complex orthodontic movements to be performed. The success of such treatments requires good planning and a good knowledge of biomechanics.

ملخص :

الإرساء هو إعتقاد منطقة معينة من الفك وتقويتها باستخدام أجهزة زيادة التدعيم مثل الأقواس اللسانية وغيرها من التقنيات التقليدية، لكن محدودية هذه الأجهزة وصعوبة تعامل المريض معها جعلها ذات فعالية ضعيفة، ولذا كان لا بد من إيجاد بديل فعال، غير مرئي وغير مزعج للمريض وكانت الزراعات التقويمية التي هي عبارة عن «براغي» معدنية ذات اشكال واطوال واقطار مختلفة والمسماة بالبراغي الصغيرة هي الحل الأنجع والأمثل.

لذا تعتبر البراغي الصغيرة من أهم التطورات في طرق العلاج في تقويم الأسنان، فقد غيرت مفاهيم كثيرة في تقويم الأسنان وقللت من الحاجة الى خلع الأسنان وجراحة الفكين وزادت من كفاءة تقويم الأسنان وقللت من فترة العلاج. وأصبحت حركة الأسنان المستحيلة في بعض الاتجاهات ممكنة الآن بفضل تلك البراغي.

ولاقت هذه التقنية بعد ذلك رواجاً كبيراً لدرجة أنها أصبحت معتمدة في جميع برامج التدريب العالمية وأصبحت مثلها في ذلك مثل أجهزة التقويم لا يمكن الاستغناء عنها لعلاج تشوهات الأسنان.