

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHARECHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ SAAD DAHLAB-BLIDA

N° :



FACULTÉ DE MÉDECINE DE BLIDA
DÉPARTEMENT DE MÉDECINE DENTAIRE

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du
DIPLOME DE DOCTEUR EN MÉDECINE DENTAIRE
INTITULÉ

LES MINIVIS

Présenté et soutenu publiquement le :

.../.../.....

Par

- ZIZI Lyes
- BOUNIF Abid
- BADJI Abdelaziz et - HASSANI Oussama

Promotrice : Dr.BELKHIRI A

Jury composé de :

Président :

Examineur :

Remerciements

Au terme de ce modeste travail, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements.

Nous remercions le dieu le tout puissant de nous avoir donné la force, la volonté de donner le meilleur de nous-même et le courage de mener ce travail.

Nous remercions notre encadreur « **Dr Amel belkhir** » pour le temps qu'elle nous a consacré, ses conseils et la qualité de son suivi durant toute la période de notre recherche.

Nous avons pu aller au bout de notre recherche grâce au soutien de **nos familles** respectives.

Nous ne pouvons conclure sans avoir remercié l'ensemble des **enseignants du département de médecine dentaire de Bilda** et à tous ceux qui ont aidé de près et de loin au succès de notre formation.



Merci

Dédicace

Je dédie ce mémoire

A **mes chers parents** que nulle dédicace ne puisse exprimer mes sincères sentiments et mon éternelle gratitude, pour leur patience illimitée, leur encouragement continu, leur aide, en témoignage de mon profond amour et respect pour leurs grands sacrifices

A **mes sœurs : Kahina et Amel**

A **mon frères : Fayssel, ma belle-sœur : Katia et mon beaux-frères : Djamel** pour leur soutien, compréhension et qui n'ont cessé d'être présents pour moi.

Sans oublier **mes chers grands parents et mes ancelles**

A **mes amies et amis** exceptionnellement : **Hanane, les deux Yles** et tous ceux qui me connaissent de loin ou de près.



Cordialement

Lyes

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A toute **ma famille** surtout **ma grand-mère**, tous mes amis **Bilal, Farid** et à tous les gens qui m'ont soutenus ou aidés de près ou de loin



Abid

Dédicace

Je dédie cet humble travail avec grand amour, sincérité et fierté :

A **mes chers parents** source de tendresse et d'affection

A **mes frères : Housseem, Islam et Rayan** qui ont été toujours présents pour moi, avec mes souhaits de bonheur de santé et de succès et tous les membres de ma famille.

Sans oublier **ma chère grand-mère** Lwiza

A **tous mes amis et amies**, et tous ceux qui me connaissent de loin ou de près.



Oussama

Dédicace

Je dédie cet humble travail

A **mes chers parents** qui ont œuvré pour ma réussite, de par leur charité, leurs soutiens, tous les sacrifices consentis je leur dois l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude

A **mes grands parents**

A **mes sœurs** : Amina, Zoulikha et kelthoum

A **mes cousins** : Yacine, Toufik, Nessro et Sidahmed.

A **mes frères** : Mouloud et Mohamed qui ont été toujours présents pour moi, avec mes souhaits de bonheur de santé et de succès et tous les membres de ma famille.

A **tous mes amis et amies** exceptionnellement : Ramy, Amir, Abdou, Nabil, Kadi et tous ceux qui me connaissent de loin ou de près.



Cordialement

Abdelaziz

INDEX

Liste des figures :

- Figure 1:** Tissu osseux haversien⁽³⁾
- Figure 2:** Coupe sagittale au niveau des incisifs inférieurs. Anatomie de l'os basal et de l'os alvéolaire⁽⁵⁾.
- Figure 3:** Vaisseaux et nerfs de la face ⁽⁴⁾
- Figure 4:** Mouvement de translation ⁽⁴⁾
- Figure 5:** Mouvement de version coronaire ⁽⁴⁾ **Figure 6:** Mouvement de version radiculaire⁽⁴⁾
- Figure 7:** Egression dentaire⁽⁴⁾
- Figure 8:** Ingression dentaire⁽⁴⁾
- Figure 9:** Forces d'action et de réaction égales et de sens opposé ($F_1=F_2$)⁽¹⁰⁾
- Figure 10:** Résistance au déplacement de l'unité d'ancrage ($F_1 = F_2$) ⁽¹⁰⁾.
- Figure 11:** Ancrage direct par minivis ($F_1 = F_2$)⁽¹⁰⁾
- Figure 12:** Ancrage indirect par minivis ($F_1 = F_2$)⁽¹⁰⁾.
- Figure 13:** Descriptions des minivis⁽¹⁵⁾
- Figure 14:**tête de la minivis Ancotek® – Tekka et tête de la minivis Ancora®-Serf ⁽¹⁶⁾
- Figure 15:** tête de la minivis AbsoAnchor® en forme de bracket ⁽¹⁴⁾
- Figure 16:** Pointe autoforante et autaraudante de Leone®⁽²⁵⁾ *
- Figure 17:** causes d'échecs des minivis et comment les éviter⁽¹⁸⁾
- Figure 18:** paramètres influençant la stabilité primaire des minivis⁽¹⁸⁾
- Figure 19:** Exemple de kit standard d'Ancotek® Tekka ⁽¹⁶⁾
- Figure 20:** Caractéristiques de la Spider Screw®⁽²⁰⁾.
- Figure 21:** Principales caractéristiques et avantages du système Aarhus⁽²¹⁾
- Figure 22:** les différents types de tête des minivis du système Aarhus® ⁽²¹⁾
- Figure 23:** Les différents systèmes de minivis ABSOANCHOR® ⁽²²⁾
- Figure 24:** Description de la minivis IMTEC® ⁽²³⁾
- Figure 25:** Différentes tête de Minivis d'ancrage transmuqueuse ⁽¹⁶⁾
- Figure 26:** Minivis d'ancrage sous muqueux ⁽¹⁶⁾
- Figure 27:** Minivis de Vector TAS®
- Figure 28:** choix de la minivis selon site d'implantation d'après un code couleur ⁽²⁴⁾
- Figure 29:** Minivis Leone ⁽²⁵⁾
- Figure 30:** zones de sécurité en violet, Lee et al. ⁽²⁸⁾
- Figure 31:** guide chirurgical, Janson et al. ⁽²⁹⁾
- Figure 32:** guide chirurgical, Miyazawa et al. ⁽²⁹⁾
- Figure 33:** guide chirurgical, Costa et al. ⁽²⁹⁾
- Figure 34:** guide chirurgical, Pongsamart et al. ⁽²⁹⁾
- Figure 35:** Exemple de guide chirurgical ⁽¹⁸⁾
- Figure 36:** Réalisation mécanique d'une indentation perpendiculaire à la corticale (a) Pose d'un mini-implant à la mandibule selon un angle moyen de 10° (b) ⁽³⁰⁾
- Figure 37 :** Pose « manuelle » avec contre angle ⁽³⁰⁾

Figure 38: Axes d'insertion moyens dans les espaces inter-radiculaires au maxillaire et à la mandibule par rapport à l'axe molaire ⁽³⁰⁾.

Figure 39: Mini-implant dans la Crête infrazygomatique pour réaliser une régression molaire par traction simultanée à partir de mini-implants vestibulaire et palatin ⁽³⁰⁾

Figure 40: L'extrusion des dents maxillaires retenues à tendance à entraîner réciproquement l'ingression des incisives centrales. Le recours aux minivis et à un arc sectionnel permet de maintenir le recouvrement ⁽³¹⁾

Figure 41: minivis mandibulaires bilatérales pour s'opposer à l'avancée des incisives lors de la correction d'une classe II à l'aide de biellettes de Herbst⁽³¹⁾

Figure 42: Différents types d'ingression en fonction du point d'application de la force ⁽³²⁾

Figure 43: Positionnement des minivis pour appliquer des forces directes ⁽³²⁾

Figure 44: rétraction antérieure à l'aide de minivis par une mécanique de glissement (a) ou par une mécanique sectionnelle (b) ⁽³²⁾.

Figure 45: Les différents vecteurs de force en fonction de la position de la minivis ⁽³²⁾

Figure 46 a et b: Maintien du plan d'occlusion maxillaire (a) ou mandibulaire (b) lors de la rétraction du bloc incisivo-canin à l'aide de minivis positionnées à hauteur moyenne ⁽³²⁾

Figure 47 c et d: Modification de l'orientation du plan d'occlusion maxillaire (c) et mandibulaire (d) lors de la rétraction du bloc incisivo-canin à l'aide de minivis positionnées en gingival ⁽³²⁾.

Figure 48 e et f: Modification de l'orientation du plan d'occlusion maxillaire (e) et mandibulaire (f) lors de la rétraction du bloc incisivo-canin à l'aide de minivis positionnées en apical ⁽³²⁾.

Figure 49: Lors de l'extraction des prémolaires, la forme de l'arcade doit être modifiée en fonction de l'importance de la rétraction ⁽³²⁾

Figure 50: Un bowing vertical peut se produire même avec les minivis ⁽³²⁾

Figure 51: Une flexion de l'arc peut s'observer dans le sens transversal ⁽³²⁾

Figure 52: Correction d'une déviation des milieux ⁽³²⁾

Figure 53: Rétraction antérieure en technique linguale ⁽³¹⁾

Figure 54: Recul canin en technique vestibulaire ⁽³¹⁾

Figure 55: Renforcement d'ancrage dans le plan horizontal des dents postérieures à l'aide des minivis ⁽³¹⁾

Figure 56: Renforcement d'ancrage dans le plan vertical des dents postérieures à l'aide de minivis ⁽³¹⁾

Figure 57: Plan de traitement pour le plan d'occlusion : Ingression parallèle (a) ou non parallèle (b) ⁽³²⁾

Figure 58: Considérations biomécaniques pour le contrôle du premier et troisième ordre ⁽³²⁾

Figure 59: Ingression molaire unilatéral à l'aide de trois minivis ⁽³¹⁾

Figure 60: Ingression molaire bilatérale ⁽³¹⁾

Figure 61: Ingression molaire à l'aide de quatre minivis ⁽³¹⁾

Figure 62: A, implants utilisés comme ancrage squelettique ; B, illustration schématique de l'ingression molaire ; C-E, photographies intra-orales au départ de l'ingression molaire, après 3 mois puis à la fin de l'ingression ⁽³⁵⁾.

Figure 63: Le redressement de l'axe d'une molaire peut se faire de trois façons ⁽³²⁾

Figure 64: Techniques de redressement molaire à l'aide de minivis positionnées sur la crête édentée ⁽³¹⁾

Figure 65: Technique de redressement molaire avec une minivis positionnée distalement ⁽³¹⁾

Figure 66: Technique de redressement molaire à l'aide de minivis positionnées mésialement ⁽³¹⁾

Figure 67: Rétraction molaire à l'aide de deux minivis situées en interdentaire du coté palatin ⁽³¹⁾

Figure 68: Rétraction molaire à l'aide d'un ancrage squelettique indirect ⁽³¹⁾

Figure 69: Expansion palatine rapide avec deux minivis servant d'ancrage ⁽³¹⁾

Figure 70 : Minivis remplaçant une dent lors d'une expansion palatine ⁽³¹⁾

Figure 71: Constriction de l'arcade à l'aide d'une minivis médio-palatine ⁽³¹⁾

Figure 72: Correction d'un inversé d'articulé à l'aide d'un ancrage implantaire ⁽³¹⁾

Figure 73: Correction d'une malposition isolée d'une molaire maxillaire à l'aide de minivis ⁽³¹⁾

Figure 74: Correction d'une malposition isolée d'une molaire mandibulaire à l'aide de minivis ⁽³¹⁾

Figure 75: Dent extraite suite à une lésion radiculaire ⁽⁴⁾

Figure 76: Manque de contrôle lors du vissage entraînant un effet de fouettage avec risque de lésion osseuse. ⁽⁴⁾

Figure 77: Emphysème sous cutanée ⁽⁴⁾

Figure 78: Minivis implantée dans le sinus maxillaire ⁽⁴⁾

Figure 79: Fracture et déformation de deux minivis Tekka suite aux actions de pose et dépose (tests réalisés sur tête de porc). ⁽⁴⁾

Figure 81: inflammation gingivale autour de la tête de la minivis due à un manque d'hygiène ⁽⁴⁾

Figure 80: - Fracture d'une minivis HDC (à droite). - Déformation d'une minivis HDC suite aux actions de pose et dépose (à gauche).- Minivis HDC non utilisée (au centre) (tests réalisés sur tête de porc). ⁽⁴⁾

Figure 82: abcès formé au niveau de la tête de la minivis ⁽⁴⁾

Figure 83: La tête de la minivis est recouverte par du composite ⁽⁴⁾

Figure 84: La minivis n'est plus visible en bouche ⁽⁴⁾

TABLES DES MATIERES

REMERCIEMENTS

DEDICACES

INDEX

LISTES DES FIGURES

INTRODUCTION

1 GENERALITE	17
1.1 Rappels anatomiques.....	17
1.1.1 Structure du tissu osseux.....	17
1.1.1.1 Os basal.....	17
1.1.1.2 Os alvéolaire :.....	17
1.1.2 L'innervation des maxillaires	18
1.1.3 La vascularisation des maxillaires	18
1.2 Les mouvements orthodontiques	19
1.2.1 Définition	19
1.2.2 Les différents déplacements orthodontiques selon les forces exercées ...	20
1.2.2.1 Les mouvements de translation	20
1.2.2.2 Les mouvements de version	20
1.2.2.3 Les mouvements de rotation.....	21
1.2.2.4 Les mouvements d'égression	21
1.2.2.5 Les mouvements d'ingression	21
1.3 La notion d'ancrage en orthodontie	21
1.3.1 Définition	21
1.3.2 Principes d'ancrages	22
1.3.2.1 La troisième loi de Newton	22
1.3.2.2 Le trinôme de De Nevrezé	22
1.3.3 Les différents types d'ancrages.....	23
1.3.3.1 L'ancrage biologique ou ancrage passif.....	23
1.3.3.1.1 L'ancrage parodontal.....	23
1.3.3.1.2 L'ancrage musculaire	24
1.3.3.1.3 L'ancrage cortical	24
1.3.3.2 L'ancrage actif ou thérapeutique.....	24
1.3.3.2.1 Définition	24
1.3.3.2.2 Les limites des moyens d'ancrage thérapeutiques.....	25

1.3.3.3 L'ancrage squelettique et son apport en orthodontie	25
1.3.3.3.1 Définition de l'ancrage squelettique (l'ancrage absolu)	25
1.3.3.3.2 L'apport de l'ancrage squelettique au traitement et au patient ...	26
2 LES MINIVIS	28
2.1 Historique	28
2.2 Terminologie	29
2.3 Caractéristiques de minivis utilisée en ODF	29
2.3.1 Cahier des charges des minivis	29
2.3.2 Descriptions des minivis	30
2.3.2.1 La tête.....	31
2.3.2.2 Le col ou chanfrein.....	32
2.3.2.3 Le corps de la vis.....	32
2.3.2.3.1 Noyau et diamètre	32
2.3.2.3.2 Filetage	33
2.3.2.3.3 La pointe	33
2.3.3 Propriétés des minivis	34
2.3.3.1 Biocompatibilité et choix du matériau.....	34
2.3.3.1.1 Le titane pur	34
2.3.3.1.2 L'alliage de titane TI6AL4V.....	35
2.3.3.1.3 Acier inoxydable écroui à froid	35
2.3.3.1.4 Biomatériau résorbable	36
2.3.3.2 Aspect biologique.....	36
2.3.3.2.1 Bio-integration (fibrointégration et ostéointegration)	36
2.3.3.2.2 Stabilité primaire	36
2.4 Avantages et Inconvénients	38
2.4.1 Avantages	38
2.4.2 Inconvénients	38
2.5 Les indications et contre-indications.....	39
2.5.1 Les indications des minivis orthodontiques	39
2.5.2 Les contre-indications des minivis orthodontiques	39
2.5.2.1 Les contre-indications générales	39
2.5.2.1.1 Les contre-indications générales absolues	39
2.5.2.1.2 Les contre-indications générales relatives	40
2.5.2.2 Les contre-indications locales.....	40
2.5.2.2.1 Les contre-indications locales définitives	40

2.5.2.2.2	Les contre-indications locales temporaires	40
2.6	Présentation des systèmes les plus courants sur le marché	41
2.6.1	Le système Spider-screw®	41
2.6.2	Le système Aarhus®	42
2.6.3	Le système AbsoAnchor® system (orthodontic micro-implant)	43
2.6.4	Le système IMTEC® Unitek 3M	44
2.6.5	Le système Ancotek® Tekka (ancrages orthodontiques)	45
2.6.6	Vector TAS ® (Temporary Anchorage System)	46
2.6.7	Leone®	47
2.6.8	Tableau récapitulatif et comparatif des différents systèmes	48
3	Protocole de mise en place des minivis	50
3.1	Examens préopératoire	50
3.1.1	Entretien avec le patient et examen clinique	50
3.1.2	Repérage radiographique du site d'implantation	50
3.1.3	Choix du site implantaire	50
3.1.3.1	Les différents sites d'implantation	51
3.1.4	Choix de positionnement, du diamètre, de la longueur de minivis ⁽²⁸⁾	52
3.2	Protocole d'insertion des minivis	52
3.2.1	Technique standard	52
3.2.2	Technique enfouie	56
3.3	Modalités de mise en charge	56
3.4	Dépose des mimi-implants	57
4	APPLICATION BIOMECHANIQUE DES MINIVIS EN FONCTION DES DIFFERENTES INDICATION	59
4.1	Contrôle antéro-postérieur et vertical	59
4.1.1	Dent antérieures.....	59
4.1.1.1	Renforcement d'ancrage.....	59
4.1.1.1.1	Renforcement d'ancrage des dents antérieures maxillaires dans le plan horizontal	59
4.1.1.1.2	Renforcement d'ancrage des dents antérieures maxillaires dans le plan vertical	59
4.1.1.1.3	Renforcement d'ancrage des dents antérieures mandibulaires dans le plan horizontal.....	59
4.1.1.1.4	Renforcement d'ancrage des dents antérieures mandibulaires dans le plan vertical.....	60
4.1.1.2	Ingression	60

4.1.1.3 Egression.....	62
4.1.1.4 Rétraction antérieure	62
4.1.1.4.1 Principes.....	62
4.1.1.4.2 Positionnement des minivis	63
4.1.1.4.3 Contrôle du torque antérieur.....	64
4.1.1.4.4 Contrôle de la forme d'arcade	65
4.1.1.4.5 Contrôle du bowing	65
4.1.1.4.6 Alignement des milieux	66
4.1.1.4.7 Mécanique linguale	67
4.1.2 Canines.....	68
4.1.2.1 Rétraction canine.....	68
4.1.2.2 Mise sur arcade des canines incluses	69
4.1.3 Dents postérieures	69
4.1.3.1 Renforcement d'ancrage.....	69
4.1.3.2 Ingression	71
4.1.3.2.1 Principes.....	71
4.1.3.2.2 Ingression à l'aide d'une minivis unique	72
4.1.3.2.3 Ingression à l'aide de plusieurs minivis	73
4.1.3.2.4 Ingression des molaires mandibulaires	74
4.1.3.2.5 Ingression et dimension verticale	75
4.1.3.3 Egression.....	75
4.1.3.3.1 Redressement de l'axe des molaires	75
4.1.3.4 Mésialisation (protraction).....	77
4.1.3.5 Distalisation	79
4.2 Contrôle de la dimension transversale	80
4.2.1 Expansion maxillaire	80
4.2.2 Construction de l'arcade	81
4.2.3 Occlusion inversée.....	81
4.2.4 Déplacement transversal d'une seule dent	82
5 COMPLICATION PER ET POST-OPERATOIERE ET CRITERES D'ECHECS ET DE SUCCES.....	87
5.1 LES COMPLICATIONS PER OPERATOIRES	87
5.1.1 Lésions des tissus parodontaux ou des racines.....	87
5.1.2 Dérapage de la minivis.....	88
5.1.3 Instabilité immédiate ou précoce.....	88

5.1.4 Emphysème sous cutané	88
5.1.5 Perforation des fosses nasales ou des sinus maxillaires	89
5.1.6 Lésion de structures nerveuses	90
5.1.7 Fracture de la minivis	90
5.2 LES COMPLICATIONS POST-OPERATOIRES ⁽⁴⁾	91
5.2.1 Inflammation, infection péri-implantaire.....	91
5.2.2 Lésion des tissus mous adjacents.....	92
5.2.3 Recouvrement de la minivis par les tissus mous.....	92
5.2.4 Cause d'échecs des minivis	93
5.3 Echecs	93
5.3.1 5-1. Echecs liés au site d'implantation	93
5.3.2 5-2 Echecs liés à l'acte orthodontique ou chirurgical	94
5.4 Critères de succès	94

CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

INTRODUCTION

La mobilisation des dents pour corriger une malocclusion est réalisée grâce à l'appui pris sur les dents voisines. Chercher un ancrage permettant d'atteindre les objectifs fixés par le plan de traitement est une priorité du praticien. Les déplacements dentaires provoqués par des traitements orthodontiques sont soumis à la loi d'action-réaction de Newton. Ainsi, des mouvements secondaires indésirables peuvent apparaître. De plus, cette technique peut être très contraignante pour le patient, lui causant un préjudice esthétique, ou un certain inconfort, tout en demandant une coopération importante.

Le choix d'implants dentaires a permis d'entrevoir une nouvelle solution. Leur utilisation comme moyen d'ancrage squelettique en orthodontie est très vite apparue fiable et stable. En revanche, les implants doivent être ostéointégrés avant de subir soumis des forces de traction. Cela demande plusieurs mois, allongeant davantage la durée du traitement orthodontique. Cet inconvénient s'ajoute au coût assez élevé d'un implant dentaire. Son intégration dans le plan de traitement n'est pas toujours facile.

Depuis quelques années sont apparues sur le marché des minivis spécialement conçues pour servir d'ancrage squelettique, mises en place uniquement le temps du traitement. Elles ne nécessitent pas d'ostéointégration, et leur coût est plus abordable par rapport à un implant dentaire conventionnel. Leurs principaux avantages sont une mise en place aisée et la multitude de sites d'insertions qu'elles autorisent.

Notre exposé a pour objectif de décrire ce système d'ancrage temporaire, en présentant ses avantages, ses inconvénients, la technique chirurgicale de mise en place, son mode d'utilisation durant les traitements orthodontiques. Un bref rappel sur l'ancrage orthodontique permettra de mettre en avant l'intérêt des minivis orthodontiques par rapport aux ancrages conventionnels et de décrire les différents systèmes actuellement mis sur le marché seront décrits.

1. GENERALITE

1 GENERALITE

1.1 Rappels anatomiques

1.1.1 Structure du tissu osseux

Les maxillaires sont formés d'une base d'os dense, dite os basal, et d'un os spongieux plus fragile qui englobe les dents, l'os alvéolaire⁽¹⁾.

1.1.1.1 Os basal :

L'os basal, constitutif du corps des mâchoires, il ne se développe que durant la période de croissance. Il détermine la largeur et le volume des mâchoires⁽²⁾. C'est un os compact qui est percé de canaux appelés canaux de Havers. On dit que c'est un os de type haversien. L'os haversien et un agglomérat d'ostéons: chaque ostéon se structure autour d'un canal de Havers⁽¹⁾.

Les ostéoblastes, cellules qui produisent l'os, se situent à la périphérie de l'ostéon, puis ils s'enferment dans une gangue osseuse et deviennent des ostéocytes qui communiquent entre eux par des canalicules. Ils forment des lamelles concentriques autour du canal central. Ils ont une durée de vie d'environ 10 ans. Ils régulent l'activité des ostéoblastes et des stéoclastes⁽¹⁾.

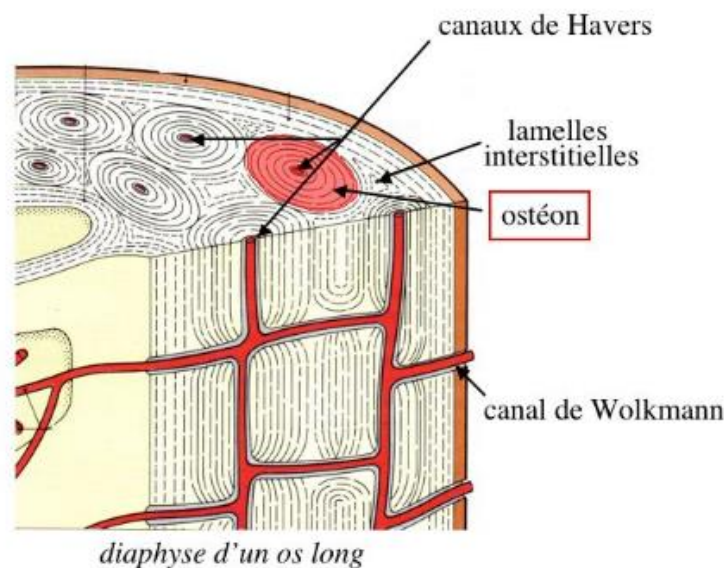


Figure 1: Tissu osseux haversien⁽³⁾

1.1.1.2 Os alvéolaire :

- L'os cortical (tables osseuses)

Il correspond à la partie compacte de l'os. Il est minéralisé à 95%, il assure donc principalement un rôle mécanique et protecteur. 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 prémolaire-molaire⁽⁴⁾.

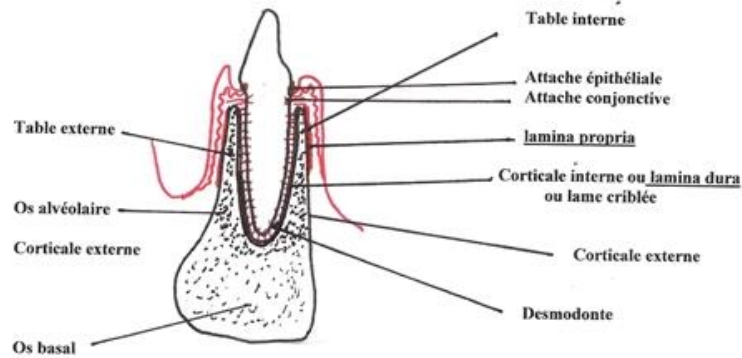


Figure 2: Coupe sagittale au niveau des incisifs inférieurs. Anatomie de l'os basal et de l'os alvéolaire⁽⁵⁾.

- L'os spongieux

Appelé aussi « os trabéculaire », sa part minéralisée n'est que de 30%. L'os spongieux est composé de travées osseuses très fines, de forme plus ou moins aplatie, formant un réseau d'interconnexions délimitant des espaces médullaires contenant de la moelle osseuse hématopoïétique ou graisseuse. Étant donné le faible volume osseux, il existe une grande surface d'échange avec les espaces médullaires au niveau de l'os spongieux. Le rôle de l'os trabéculaire est donc davantage métabolique⁽⁴⁾.

1.1.2 L'innervation des maxillaires⁽⁶⁾:

L'os alvéolaire est un élément indissociable des autres tissus parodontaux, l'innervation l'est aussi selon le territoire suivant :

- Nerf sous orbitaire (face antéro-vestibulaire maxillaire).
- Nerf dentaire postérieur (face postéro-vestibulaire maxillaire).
- Nerf naso-palatin (face antéro-palatine maxillaire).
- Nerf buccal (face postéro-palatine maxillaire).
- Nerf dentaire inférieur (incisif/mentonnier) (face antéro-vestibulaire mandibulaire).
- Nerf buccal (face postéro-vestibulaire mandibulaire).
- Nerf dentaire inférieur (face linguale mandibulaire).

1.1.3 La vascularisation des maxillaires⁽⁶⁾:

L'os alvéolaire est le premier tissu du parodonte à être vascularisé. Cela se fait principalement par deux voies :

- Soit à travers les espaces médullaires de l'os spongieux, à partir desquelles les artérioles gagnent le desmodonte, pulpe puis gencive.
- Soit par voie supra-périostée, le long des faces vestibulaires et linguales de l'os alvéolaire.

- Territoire de vascularisation :

Il est commun avec les autres éléments du parodonte, et se présente comme suit :

- Artère sous orbitaire (face antéro-vestibulaire maxillaire).
- Artère alvéolaire (face postéro-vestibulaire maxillaire).
- Artère palatine (face antéro-palatine maxillaire).
- Artère sphéno-palatine (face postéro-palatine maxillaire).
- Artère sous mentale (face antéro-vestibulaire mandibulaire).
- Artère dentaire inférieure (face postéro-vestibulaire mandibulaire).
- Artère linguale (face linguale mandibulaire).

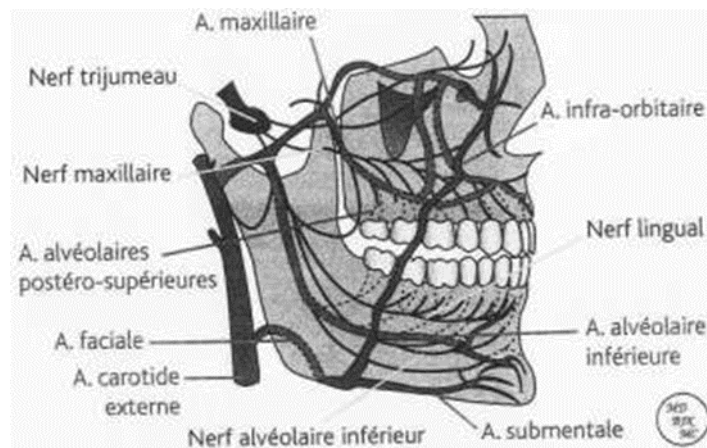


Figure 3: Vaisseaux et nerfs de la face ⁽⁴⁾

1.2 Les mouvements orthodontiques

1.2.1 Définition ⁽⁴⁾

Les traitements orthodontiques provoquent des déplacements dentaires contrôlés, déterminés par le plan de traitement.

Ils sont la conséquence de forces exercées sur les dents et entraînent des appositions et des résorptions constantes au sein des procès alvéolaires. Ces forces sont caractérisées par leur intensité, leur direction, leur point d'application et permettent d'aboutir aux mouvements dentaires déterminés par le plan de traitement.

Ces mouvements permettent d'optimiser l'esthétique des arcades dentaires, les fonctions de mastication, de phonation, de respiration, de déglutition, la croissance, et de corriger des malocclusions.

Les dents peuvent être déplacées à tout âge mais non sans risque ou effets secondaires sur les structures dentaires, osseuses, articulaires et posturales.

1.2.2 Les différents déplacements orthodontiques selon les forces exercées ⁽⁷⁾

A chaque type de force exercée correspond un mode de déplacement dentaire.

1.2.2.1 Les mouvements de translation

C'est un déplacement induit par un système de forces dont la résultante se situe au niveau du centre de résistance, autrement dit c'est un mouvement parallèle au grand axe de la dent. Il doit être absolument contrôlé, car les risques de résorption osseuse augmentent avec l'âge du patient lorsque la hauteur de gencive attachée est faible.

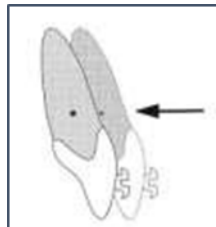


Figure 4: Mouvement de translation ⁽⁴⁾

1.2.2.2 Les mouvements de version

- 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 dent se déplace du côté opposé à la force).

- 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 (seule la racine se verse)

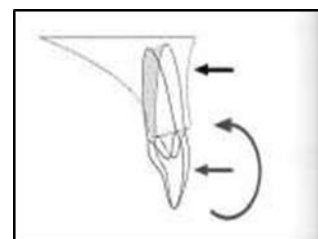
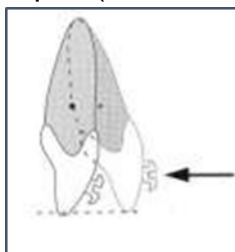


Figure 5:Mouvement de version coronaire ⁽⁴⁾ **Figure 6:**Mouvement de version radiculaire⁽⁴⁾

1.2.2.3 Les mouvements de rotation

Il existe deux types de mouvement de rotation: une rotation axiale (autour de l'axe de la dent), ou une rotation marginale (autour d'un axe excentré).

1.2.2.4 Les mouvements d'égression

L'égression correspond à un mouvement vertical qui vise à sortir la dent de son alvéole, il est induit par une force verticale agissant dans le sens de l'éruption.

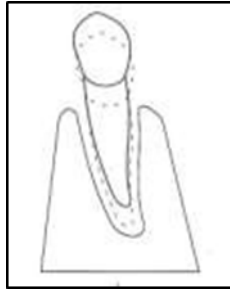


Figure 7: Egression dentaire⁽⁴⁾

1.2.2.5 Les mouvements d'ingression

L'ingression correspond à un mouvement vertical qui tend à enfoncer la dent dans son alvéole, ce mouvement est induit par un système de forces agissant dans le sens opposé à l'éruption.

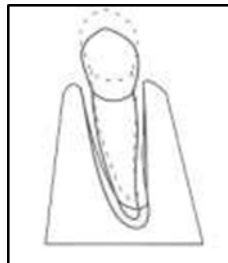


Figure 8: Ingression dentaire⁽⁴⁾

1.3 La notion d'ancrage en orthodontie

1.3.1 Définition

L'ancrage pour le "Petit ROBERT" désigne « l'action d'attacher à un point fixe »⁽⁸⁾.

Selon la société française d'orthopédie dentofaciale, l'ancrage est un élément considéré comme stable ou fixe pouvant servir de point d'appui lors de l'application d'un système de forces. L'ancrage concerne le ou les secteurs de l'arcade dentaire qui ne doivent pas être déplacés pendant que d'autres le sont et désigne, plus généralement, tout moyen tendant à assurer la stabilité d'une dent ou d'un groupe de dents, au cours d'un mouvement provoqué intéressant d'autres dents⁽⁹⁾.

Ainsi, pour qu'une dent, un groupe de dents ou une arcade puissent servir d'ancrage, donc de point d'appui, la pression appliquée à l'os par l'intermédiaire de

leurs racines doit être inférieure au seuil de multiplication ostéoclasique pour ne pas accélérer la résorption osseuse physiologique. Si l'ancrage est suffisant, le corps libre se déplace en direction de l'ancrage, le solide reste stable.

1.3.2 Principes d'ancrages

1.3.2.1 La troisième loi de Newton ⁽¹⁰⁾

Selon le troisième principe de Newton : « à toute action correspond une réaction d'intensité égale et de sens opposé ». Quelle que soit la thérapeutique mécanique orthodontique 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.

Celle-ci dit: Lorsqu'un corps A exercé sur un corps B une action mécanique représentée par une force F_1 , le corps B exerce sur A une action mécanique représentée par une force F_2 .

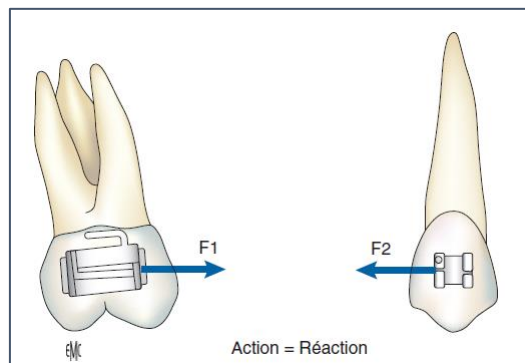


Figure 9: Forces d'action et de réaction égales et de sens opposé ($F_1=F_2$)⁽¹⁰⁾

Quel 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.

Cette réaction entraîne des effets rarement souhaités et l'on recherche le plus souvent la fixité des dents supports qui constituent l'ancrage (s'oppose aux forces de réaction).

1.3.2.2 Le trinôme de De Nevrezé ⁽¹¹⁾

Un solide se déplace lorsque la force motrice s'exerçant sur lui l'emporte sur la force résistante. En confrontant cette donnée avec le principe d'action/réaction, De Nevrezé a décrit le trinôme de forces suivant :

- le point d'ancrage de la force présente une Résistance Stable (RS) ;
- le solide à déplacer présente une Résistance Mobile (RM) ;
- la Force Motrice (FM) appliquée entre les éléments mobile et stable crée le déplacement par translation, version ou rotation.

Parmi les situations décrites par De Nevrezé à partir de ces trois éléments, nous retenons la situation optimale suivante :

- La force motrice est insuffisante pour déplacer l'élément d'ancrage (RS), mais elle est suffisante pour déplacer les dents à mobiliser (RM) :

$$RM < FM < RS.$$

Il faut pour cela que la résistance stable soit beaucoup plus élevée que la résistance mobile :

$$RM \ll RS.$$

Le déplacement dentaire orthodontique est donc régi par la notion de forces différentielles : c'est la valeur réciproque des résistances qui commande le déplacement.

1.3.3 Les différents types d'ancrages

1.3.3.1 L'ancrage biologique ou ancrage passif

1.3.3.1.1 L'ancrage parodontal

L'ancrage biologique est constitué par la dent elle-même c'est la résistance naturelle qu'offre la dent du fait de son attache ligamentaire dans l'os alvéolaire et qui dépend de la longueur, du nombre, mais aussi du volume des racines. Plus la surface radiculaire globale est grande et plus la résistance offerte sera élevée ⁽¹⁰⁾.

Les moyens d'ancrages intrabuccaux conventionnels consistent tous en la solidarisation de plusieurs dents s'opposant au déplacement d'une dent. La surface radiculaire de l'unité d'ancrage doit être supérieure à celle de l'unité à déplacer ⁽¹⁰⁾.

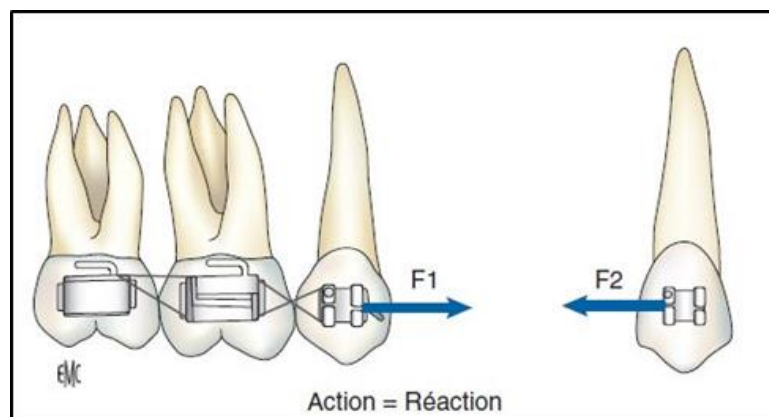


Figure 10: Résistance au déplacement de l'unité d'ancrage ($F1 = F2$) ⁽¹⁰⁾.

En solidarisant plusieurs dents par un sectionnel rigide, deux effets sont obtenus ⁽¹²⁾ :

- la résistance parodontale de l'unité passive est augmentée,
- les effets parasites indésirables sont minimisés au niveau des dents immédiatement adjacentes aux points d'application de la force.

1.3.3.1.2 L'ancrage musculaire ⁽¹²⁾

On peut considérer qu'il s'agit de l'ensemble des limites que l'enveloppe fonctionnelle imposera aux déplacements des dents en fonction de ses caractères propres, de sa tonicité et des comportements habituels.

En effet, chez un patient brachyfacial, les muscles masticateurs élévateurs sont hypertoniques constituant une véritable opposition au déplacement dentaire. Au contraire, un patient dolichofacial présente une musculature élévatrice très hypotonique qui est incapable de résister aux mouvements dentaires.

Seule l'enveloppe fonctionnelle des patients mésofaciaux n'imposera aucune limite en raison de sa neutralité.

1.3.3.1.3 L'ancrage cortical ⁽¹²⁾

Il s'agit d'une notion originale développée par Ricketts. Selon cet auteur : « les dents se déplacent plus lentement à travers l'os cortical ». Ce principe est appliqué pour renforcer l'ancrage molaire (en particulier à l'arcade mandibulaire).

À l'arcade mandibulaire :

Un effet de version radiculovestibulaire ainsi que de l'expansion sont incorporés dans les arcs pour déplacer les racines en direction de l'os cortical.

À l'arcade maxillaire :

L'expansion nécessaire est obtenue par le réglage des branches internes de l'arc facial de la force extrabuccale (Ricketts et coll.).

1.3.3.2 L'ancrage actif ou thérapeutique

1.3.3.2.1 Définition ⁽⁴⁾

Il correspond aux dispositifs orthodontiques mis en place pour obtenir un ancrage mécanique et éviter ainsi les déplacements involontaires des structures d'appui. Ces appareillages servent de support et renforcent l'ancrage naturel.

Cet ancrage actif repose sur sa notion de réciprocité des éléments dentaires et regroupe deux grands types de dispositifs.

- L'ancrage intra oral: on trouve des arcs avec des courbures anti-version ou anti-rotation, avec des butées ou des stops. Les renforts d'ancrage se font grâce à la ligature de plusieurs dents pour additionner les valeurs d'ancrage, grâce aux arcs palatins ou linguaux, ou encore avec des élastiques
- L'ancrage extra-oral: il 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.

1.3.3.2 Les limites des moyens d'ancrage thérapeutiques (conventionnels) (4,13)

- Le déplacement d'une dent peut affecter son unité d'ancrage et induire des mouvements parasites. Ce déplacement indésirable, appelé perte d'ancrage, peut entraver les résultats de la thérapeutique orthodontique.
- Le nombre de dents résiduelles à disposition est souvent limité, suite à des extractions ou des agénésies.
- L'ancrage est également compromis lorsque les dents destinées à l'ancrage présentent une quantité de tissu de soutien parodontal faible, avec des corticales fines.
- L'ancrage extra-oral 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.
- Les appareils extra-buccaux doivent être portés 12 à 18 heures par jour durant des périodes de 6 à 24 mois, ils nécessitent une coopération totale de la part du patient.

1.3.3.3 L'ancrage squelettique et son apport en orthodontie

1.3.3.3.1 Définition de l'ancrage squelettique (l'ancrage absolu)

L'ancrage squelettique aussi appelé ancrage absolu ou ancrages osseux temporaires est un dispositif (minivis, mini plaques ou implants dentaires) qui est temporairement fixé à l'os dans le but d'améliorer l'ancrage orthodontique (10), ils sont considérés comme des dispositifs d'ancrage temporaires puisqu'ils sont enlevés après traitement orthodontique.

L'utilisation des mini implants rendu possible un ancrage qui ne montrant aucun mouvement, c'est à dire une perte d'ancrage nulle, en conséquence aux forces de réaction.

L'ancrage squelettique peut être classé en ancrage direct et indirect(4).

- L'ancrage direct utilise des implants seul pour obtenir des mouvements souhaités (Fig 11).
- L'ancrage indirect utilise des implants pour renforcer l'ancrage dentaire préexistant (Fig 12).

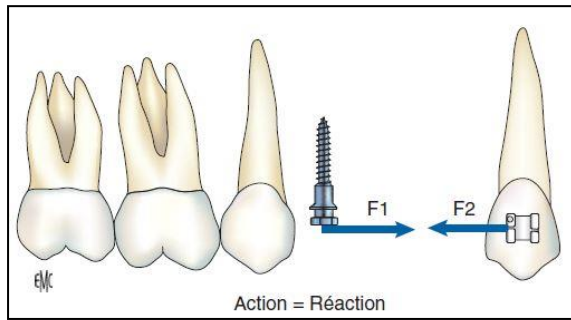


Figure 11: Ancre direct par minivis
($F1 = F2$)⁽¹⁰⁾

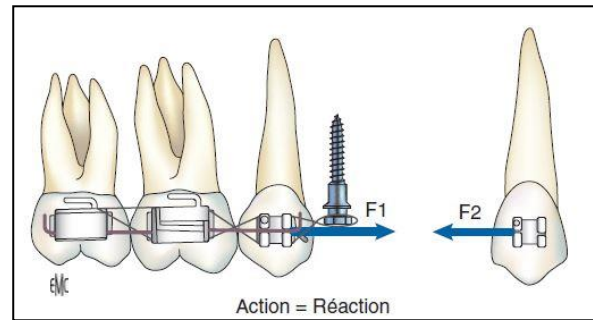


Figure 12: Ancre indirect par minivis
($F1 = F2$)⁽¹⁰⁾.

Les orthodontistes ont à leur disposition des implants conventionnels, des implants palatins, des minivis, ou encore des mini plaques. Certains d'entre eux sont ostéointégrés, d'autres non.

L'objectif d'un ancrage squelettique est d'obtenir un ancrage absolu pour éliminer les mouvements dentaires parasites. Un ancrage absolu est défini par l'absence de mouvement de l'unité d'ancrage comme conséquence aux forces réactionnelles appliquées aux dents. Les systèmes implantaires sont donc considérés comme un ancrage absolu car ils procurent un ancrage stable qui ne subit pas de perte d'ancrage, et n'ont donc pas de conséquence néfaste sur le traitement orthodontique.

1.3.3.3.2 L'apport de l'ancrage squelettique au traitement et au patient ⁽¹³⁾

L'utilisation des mini implants a rendu possible un ancrage qui ne montre aucun mouvement, c'est-à-dire qu'il permet une perte d'ancrage nulle, en conséquence aux forces de réaction.

L'ancrage squelettique constitue une alternative aux ancrages conventionnels, ces implants sont capables de contourner les difficultés posées par l'ancrage traditionnel, les mouvements parasites sont donc moins nombreux, moins importants, voir même inexistantes.

Les minivis apportent une nouvelle alternative aux systèmes conventionnels, car leur position intra buccale les rend invisibles, plus confortable et leur efficacité est totalement indépendante de la coopération du patient. L'objectif final est atteint plus rapidement, et le traitement est bien mieux vécu par le patient.

2. LES MINIVIS

2 LES MINIVIS

2.1 Historique ⁽¹⁴⁾

En 1945 Gainsfoth et Higley, lancent le concept de composants en métal vissés pour augmenter l'ancrage orthodontique. Ils publient une étude in vivo utilisant des vis en vitallium placées dans les branches montantes mandibulaires sur des chiens.

En 1969 Bränemark, introduit la notion d'ostéointégration en proposant de se servir des implants dentaires pour des traitements ortho-prothétiques.

Dans les années 70 ont lieu les premières tentatives d'ancrage orthodontique sur les implants lames par (**Linkow 1970**), sur les implants de forme classique en carbone vitreux (**Shermann 1978**) ou encore en oxyde d'alumine recouverts de bioglass (**Turley, Shapiro et Moffet 1980**).

Les résultats sont décevants en raison du manque d'ostéo-intégration des matériaux employés, de la mise en charge trop précoce et avec des forces orthodontiques trop importantes, et du manque de fiabilité des techniques chirurgicales.

En 1979 Smith, étudie les effets de la mise en charge contrôlée d'implants chez le singe et sont les premiers à appliquer des niveaux de forces retrouvés en orthodontie.

Roberts, et al. 1984, Turley, Kean et Schur 1988, Roberts et Marshall et Mozsary 1990 ont évalués à travers des expérimentations sur le chien et le lapin les effets des forces sur les implants.

Beaucoup d'auteurs cherchent à valider l'usage des implants endo-osseux comme ancrage orthodontique. Mais la taille volumineuse de ces implants dentaires, combinée aux sites d'implantations limités, au geste invasif, au coût élevé et au temps passé à attendre l'ostéointégration limitent leur utilisation en orthodontie.

Ce n'était qu'en **1983** qu'ont lieu les premiers essais sur l'homme, **Creekmore et Ekland** publient une étude concernant l'ingression des incisives maxillaires chez l'homme à l'aide de vis en métal. Ils obtiennent un mouvement de 6 mm et un torque de -25°.

Block et Hoffman 1995 ont l'idée d'un dérivé implantaire et introduisent sur le marché l'Onplant® (marque de minivis).

Bousquet, en 1996 a utilisé une vis titane de 0,7 mm de diamètre et de 6 mm de longueur qu'il a positionnée dans l'os maxillaire, en mésial de la première molaire, pour reculer les premières prémolaires après extraction des secondes prémolaires.

En 1997 Kanomi, introduit véritablement les minivis comme ancrage temporaire osseux.

Costa, en 1998 présente une étude préliminaire sur l'intérêt de l'utilisation des minivis titane en orthodontie réalisées sur crânes secs de singes puis appliquée sur quinze patients (Costa, Raffainl et Melsen 1998).

Durant toutes les années 2000, on assiste à la sortie de multiples systèmes tels que : (Tableau 1)

Nom commercial du système	Matériau	Dimensions (en mm)	Année
« Spider screw » (Giuliano, Mura et Bednen 2005)	Titane pur	Longueurs 6/8/10 et 7/9/11 Diamètres 1,5 à 2	1999
« Aarhus » (Melsen et Verna 2005)	Alliage titane	Longueurs 9 à 12 Diamètres 1,5 à 2	1999
« Imtec » (Herman et Cope 2005)	Alliage titane	Longueurs 6/8/10 Diamètres 1,6 ou 1,8	2005
« Abso anchor » (Darque et Elouze 2007)	Alliage titane	Longueurs 6 à 12 Diamètres 1,3 à 1,8	2005
« Leone » (Darque et Elouze 2007)	Acier chirurgical	Longueurs 6/ 8/ 10/12 Diamètres 1,5 à 2	2002
« Ancora » (Matossian, Filippi et Le Gall 2008)	Acier chirurgical	Longueurs 8/ 10/ 12 diamètre 2	2004

Tableau 1 : les différents systèmes de minivis

2.2 Terminologie ⁽¹⁶⁾

On trouve communément les termes de micro- ou mini-implant, de microvis, de minivis, de vis d'ancrage ou d'ancrage intra-osseux voire d'appareil d'ancrage temporaire (TAD) pour désigner l'ancrage osseux.

Il serait souhaitable de ne pas employer le terme d'implant, celui-ci sous-entendant une visée pérenne du système.

Quant au terme de système d'ancrage squelettique (SAS), il catégorise un type d'ancrage nécessitant un abord chirurgical plus invasif donc radicalement différent (système Bollard de De Clerck). Ce type d'ancrage trouve son indication dans les cas d'atteinte squelettique (hypoplasie maxillaire).

2.3 Caractéristiques de minivis utilisée en ODF

2.3.1 Cahier des charges des minivis

L'implant à ancrage squelettique doit répondre à un cahier des charges précis ⁽¹⁵⁾ :

- Mise en place et retrait aisé
- Stabilité mécanique aux contraintes
- La minivis ne doit pas se fatiguer sous l'effet de forces orthopédiques de flexion.
- Elle doit montrer une bonne élasticité, ne pas aller jusqu'à la rupture sous l'effet de force maximales.
- Absence de fracture à la pose et à la dépose

- La minivis ne doit pas avoir de fragilité, elle ne doit pas rompre sous l'effet d'une force de torsion.
- Absence de blessure due à la tête de la vis
- La tête de la minivis doit respecter l'environnement bucco-dentaire du patient, et éviter toute irritation ou inflammation, synonyme d'échec.
- Auto-forant et auto-taraudant
- Mise en charge immédiate possible
- Emballage stérile individuel aux normes CE
- Traçabilité
- Compatible avec tous les systèmes de traction
- Coût réduit

2.3.2 Descriptions des minivis ⁽¹⁵⁾

Il existe plus de 70 modèles de vis présents sur le marché. Il est important de bien connaître le design de la pointe, les caractéristiques du filetage, et le dessin du col et de la tête de la minivis pour obtenir une bonne stabilité primaire dans l'os. En fonction de ces différentes caractéristiques, les propriétés mécaniques de la vis varient. Généralement coniques ou cylindriques, les minivis présentent une géométrie comparable en quatre parties (la tête, le col ou chanfrein, le corps fileté et la pointe (Figure 13)).

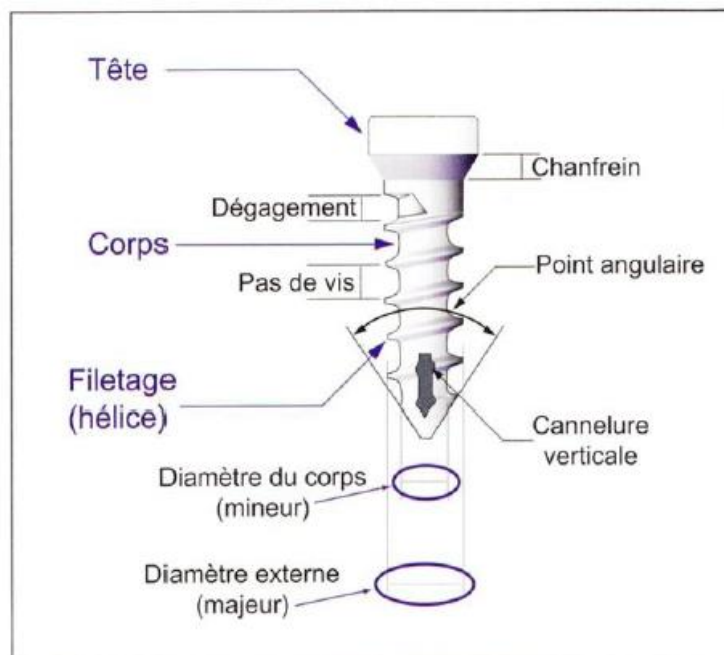


Figure 13: Descriptions des minivis⁽¹⁵⁾

La conception de ces quartes parties doit répondre à des critères :

- mécaniques : obtention d'une stabilité primaire suffisante pour assurer l'ancrage ;
- physiologiques : forme atraumatique pour les tissus mous et évitant l'accumulation de plaque bactérienne ;
- pratiques : protocole de mise en place chirurgicale simple, accessibilité de la connexion avec le système de traction.

2.3.2.1 La tête

La tête est la portion de la vis qui émerge de la cavité buccale. Pour Lee, Kim et Park, les vis orthodontiques sont généralement des implants non enfouis Elle a deux(02) fonctions :

- 1-transmettre un couple au noyau et à son filetage
- 2-servir ensuite de point d'application de la force orthodontique.

Le design de la tête doit être au maximum arrondi pour éviter l'inflammation gingivale et les blessures jugales ou linguales. Il existe actuellement deux grands types de tête (Figure 14) :

- 1- les minivis avec tête à contrôle tridimensionnel, dont la partie supérieure ressemble à un bracket permettant l'insertion d'un arc.
- 2- les minivis dont la tête constitue un seul point d'ancrage, comme une perforation, une gorge ou un bouton.



Figure 14:tête de la minivis Ancotek® – Tekka et tête de la minivis Ancora®-Serf ⁽¹⁶⁾

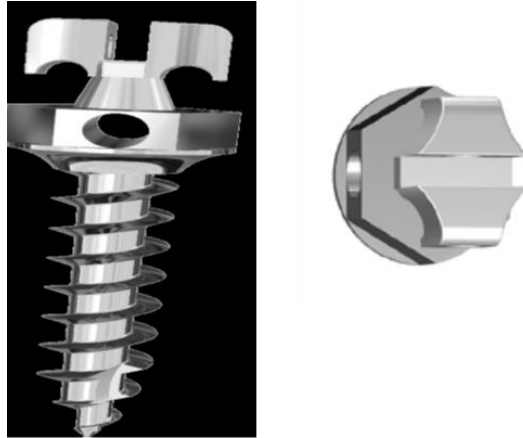


Figure 15: tête de la minivis AbsoAnchor® en forme de bracket ⁽¹⁴⁾

2.3.2.2 Le col ou chanfrein

Le col correspond à la partie transmuqueuse de la vis. Il doit être parfaitement lisse afin de réduire le risque de rétention de plaque dentaire. La longueur du col est variable en fonction de l'épaisseur de la muqueuse et du site d'insertion. L'herméticité de cette interface est indispensable pour éviter une colonisation bactérienne et une prolifération des tissus mous.

Le taux d'échec des minivis d'ancrage est souvent dû à l'inflammation gingivale au niveau du col. De plus, lors de la dépose, la contrainte maximale se situe également à cet endroit. Le col de la minivis est donc véritablement la partie la plus importante de ce système, il doit être extrêmement résistant. La résistance à la torsion étant proportionnelle au cube du diamètre du col, une très petite augmentation de ce diamètre peut augmenter considérablement la solidité de la vis. En somme, plus le diamètre du col est important, plus le risque d'échec dû à la fracture de la vis pendant l'insertion est limité.

2.3.2.3 Le corps de la vis

2.3.2.3.1 Noyau et diamètre

Le noyau qui forme le corps de la vis est entouré par le filetage hélicoïdal. La section transversale du noyau (appelée surface de la racine de la vis) détermine la résistance à la torsion de la vis. La résistance à la torsion étant proportionnelle au cube du diamètre du noyau, une très petite augmentation de ce diamètre peut augmenter énormément la solidité de la vis. Plus le diamètre du noyau est important, plus est faible le risque d'échec de la vis dû à la fracture pendant son insertion.

Aujourd'hui, l'ensemble des minivis a un diamètre compris entre 1,2 et 2 mm. Plus le diamètre est grand, plus la répartition des contraintes dans l'os cortical est favorable. Le faible diamètre a pour seul avantage une insertion plus aisée entre les racines, mais présente une moindre résistance à la fracture.

Plusieurs auteurs recommandent l'utilisation de minivis de 1,8 ou 2 mm de diamètre et déconseillent l'utilisation de minivis en dessous de 1,3mm de diamètre.

Néanmoins, une étude récente publiée par Morarend relativise la notion de diamètre en comparant l'ancrage mono et bi-cortical. En effet, une minivis de diamètre 2,5 mm placée en monocorticale présente moins de valeur d'ancrage qu'une minivis de 1,5 mm de diamètre placée dans les deux corticales osseuses.

2.3.2.3.2 Filetage

Longueur du filetage : la longueur du filetage est généralement comprise entre 6 et 12 mm. Une vis courte sera utilisée dans une corticale épaisse, une minivis plus longue améliorera la stabilité primaire dans une corticale fine. Un ancrage intra-osseux de 10 mm est généralement recommandé. Cette longueur varie néanmoins selon l'épaisseur de la corticale, l'épaisseur globale du site, et les obstacles anatomiques présents. Une analyse par éléments finis non linéaires réalisée sur des modèles bidimensionnels qui reflètent les conditions de l'interface os-implant immédiatement après implantation a été réalisée pour rechercher quels paramètres influencent la stabilité primaire. Il a été montré que la longueur des vis n'a que peu d'effet sur la répartition des contraintes, contrairement au filetage et au diamètre si 5 mm au minimum sont engagés dans l'os.

Pas de vis : l'espace entre deux spires adjacentes est appelé pas de vis. La minivis avance d'une certaine distance à chaque tour qui en présence d'un seul filetage est égal au pas de la vis. La forme de la coupe transversale est tout aussi importante car elle influence les méthodes d'insertion et de répartition des contraintes. Le filetage dit asymétrique est le plus facile à insérer mais la répartition des contraintes est moins favorables, tandis qu'une forme trapézoïdale ou rectangulaire est d'insertion plus difficile mais assure une meilleure répartition des contraintes.

2.3.2.3.3 La pointe

Les minivis sont presque toutes **autotaraudantes**, c'est-à-dire qu'elles ne nécessitent pas de taraudage avant leur insertion. Leur filetage s'enfonce dans le matériau en le comprimant et en le découpant. Elles ont un bord d'attaque cannelé et ne nécessitent qu'un protocole de préforage.

Les minivis sont parfois aussi **autoforantes**, c'est-à-dire sans forage. Elles comportent alors des spires obliques dites de stabilisation primaire qui permettent le vissage sans préforage. Elles présentent une pointe en forme de « tire-bouchon » (Figure 16).

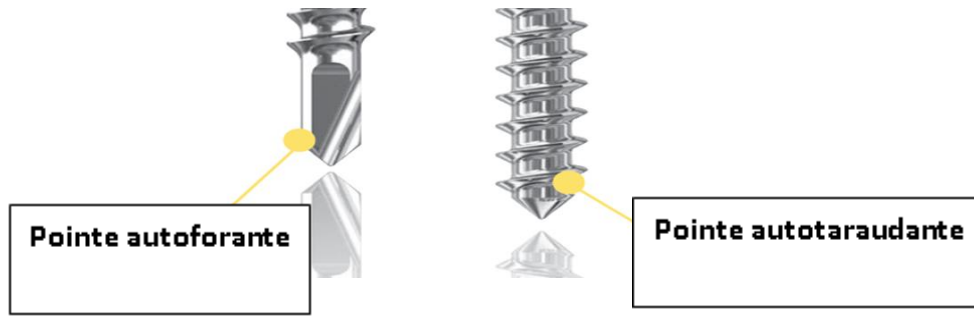


Figure 16: Pointe autoforante et autotaraudante de Leone®⁽²⁵⁾

2.3.3 Propriétés des minivis ⁽¹⁴⁾

2.3.3.1 Biocompatibilité et choix du matériau

Le matériau constitutif des minivis doit être non toxique et biocompatible. Les mini-vis sont le plus souvent en alliage de titane, mais certaines sont fabriquées en titane pur ou en acier chirurgical ou encore avec des matériaux résorbables qui sont en étape expérimentale.

2.3.3.1.1 Le titane pur

Définition :

Le titane (symbole Ti, numéro atomique 22) est un métal de transition léger, qui résiste à la corrosion. Le titane dans l'industrie est retrouvé sous différentes formes pouvant aller du grade 0 au grade 5. La forme la plus pure est caractérisée par le grade zéro (0).

A la sortie de système de minivis la quasi-totalité des systèmes avais opté pour le- titane grade 5 également utilise pour les implants dentaires.

Propriétés physiques :

Le titane possède une haute résistance mécanique. Son module d'élasticité est très bas (100 000 MPa (megapascal) à 110 000 MPa), plus proche de celui des structures osseuses (20 000 MPa) que l'acier inoxydable (210 000 MPa). Cette élasticité qui favorise le remodelage osseux en obligeant l'os à travailler permet la prévention du stress shielding ou ostéoporose péri-implantaire, ce qui fait du titane un biomatériau particulièrement intéressant.

Il faut cependant noter qu'une élasticité excessive peut aussi compromettre la fonction du biomatériau qui aurait subi une déformation inacceptable.

Le titane présente également une excellente résistance à l'usure.

Propriétés chimiques :

Résistance à la corrosion : le corps humain est un milieu agressif et corrosif du fait des concentrations en ions chlorure (113 mEq/l dans le plasma sanguin et 117 mEq/l dans le liquide interstitiel, ce qui est suffisant pour corroder les matériaux métalliques) et en oxygène dissous. Pour les implants dentaires et les minivis, les

conditions sont encore plus sévères puisque le milieu salivaire contient plus de produits soufrés qui le rendent plus corrosif.

Le titane est en inertie chimique par rapport au milieu.

Propriétés biologiques :

Le titane est l'un des métaux les plus biocompatibles, avec l'or et le platine, c'est-à-dire qu'il résiste totalement aux fluides corporels. Cette biocompatibilité est sa caractéristique la plus importante. Elle influence grandement le type d'interface formé entre l'os et l'implant, et avec quelle rapidité les tissus réagissent. Elle est également en rapport avec le maintien à long terme de l'interface.

2.3.3.1.2 L'alliage de titane TI6AL4V

Définition :

L'alliage en titane dont la formule chimique contient 90 % de titane, 6 % d'aluminium, 4 % de vanadium et une fraction de pourcentage d'oxygène est très utilisé pour la fabrication des minivis.

- L'aluminium augmente les propriétés mécaniques et diminue la densité.
- Le vanadium a tendance à améliorer la résistance à la corrosion.

Propriétés de l'alliage en titane :

- Excellente biocompatibilité comme le titane pur
- Résistance élevée (supérieure à celle du titane pur) : 860 N/mm²
- Module d'élasticité faible: 11500kg/mm² à 20°C
- Densité faible : 4,43 g/cm³

La résistance du titane et de l'alliage de titane dépend de sa microstructure, qui est influencée par sa composition, son traitement thermique et l'usinage de la minivis.

2.3.3.1.3 Acier inoxydable écroui à froid

Définition et classification

Les aciers inoxydables utilisés pour les minivis en orthodontie sont des aciers austénitiques : ils sont chauffés à haute température avec adjonction de carbone (Baïlon et Dorlot 2000).

L'acier (austénitique) offre une plus grande résistance à la déformation, présenterait en revanche un risque de réaction allergique au nickel dans 1 à 2% des cas et un coût de fabrication plus importante.

Propriétés :

L'acier inoxydable utilisé pour la fabrication des minivis (en particulier les minivis Ancora®) est un acier inoxydable austénitique écrouis à froid, il a pour propriétés une densité égale à 8g/cm³ et un module de Young à 210 000 MPA. Les autres propriétés varient énormément en fonction de la composition, du traitement thermomécanique et des traitements de surface auxquels ils ont été soumis.

2.3.3.1.4 Biomatériau résorbable

Un copolymère résorbable a été proposé par Ritto ⁽¹⁷⁾. 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 son extensivité : seulement 2 avis d'auteurs et un rapport de cas clinique non terminé ont été retrouvés.

2.3.3.2 Aspect biologique

2.3.3.2.1 Bio-integration (fibrointégration et ostéointegration) ⁽¹⁸⁾

Contrairement aux implants utilisés dans le cadre d'une thérapeutique prothétique, la mini-vis est utilisée de manière temporaire. L'ostéo-intégration (Défini par Brånemark comme étant une liaison biochimique entre l'os alvéolaire et l'implant) n'est pas recherché et peut être minimisé par l'utilisation de surfaces lisses réduisant les forces nécessaires à la dépose des mini-vis.

De plus, de nombreux auteurs affirment qu'il est inutile d'attendre la période d'ostéo-intégration pour la mise en charge des mini-vis car leur stabilité primaire suffit à supporter les forces orthodontiques.

La mise en charge immédiate conduit à la formation d'un tissu fibreux interposé entre l'os et l'implant. Ce dernier est responsable d'un léger déplacement en direction des forces orthodontiques à la manière d'une dent qui se déplace avec son ligament. Ce processus aboutit à la bio-intégration de la mini-vis dans le tissu osseux. Certains auteurs parlent donc de fibro-intégration dans le cas des mini-vis.

Même si l'essentiel de l'ancrage d'une minivis est mécanique et non dû à une ostéointégration qui ne se vérifie pas cliniquement, d'après les résultats d'une étude réalisée en 2006, Huja rapporte un contact osseux pour des minivis en alliage de titane évalué par histomorphométrie de 78% à 94% à 6 semaines, ce qui veut dire qu'une ostéointégration partielle a lieu avec les minivis en alliage de titane.

2.3.3.2.2 Stabilité primaire ⁽¹⁴⁾

La stabilité primaire des minivis correspond à sa stabilisation mécanique immédiate après son implantation. Elle est directement dépendante de trois groupes de facteurs, étroitement liés :

- Les facteurs liés à l'**hôte** : ils interviennent dans la sélection optimale du site ;
- Les facteurs liés à l'**opérateur** : dextérité, préforage ou non ;
- Les facteurs liés aux **implants** : le design de la vis, son diamètre, sa longueur, ses propriétés mécaniques interviennent dans la stabilité primaire.

Les **Figure 17** et **Figure 18** schématisent les paramètres qui influencent la stabilité primaire des minivis, ainsi que les causes d'échecs liées à cette stabilité.

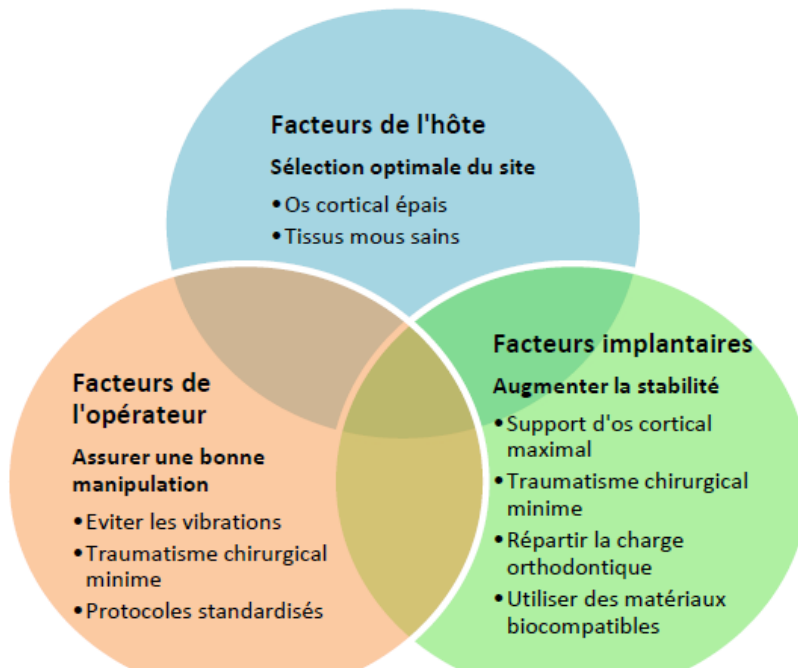


Figure 17 : causes d'échecs des minivis et comment les éviter⁽¹⁸⁾

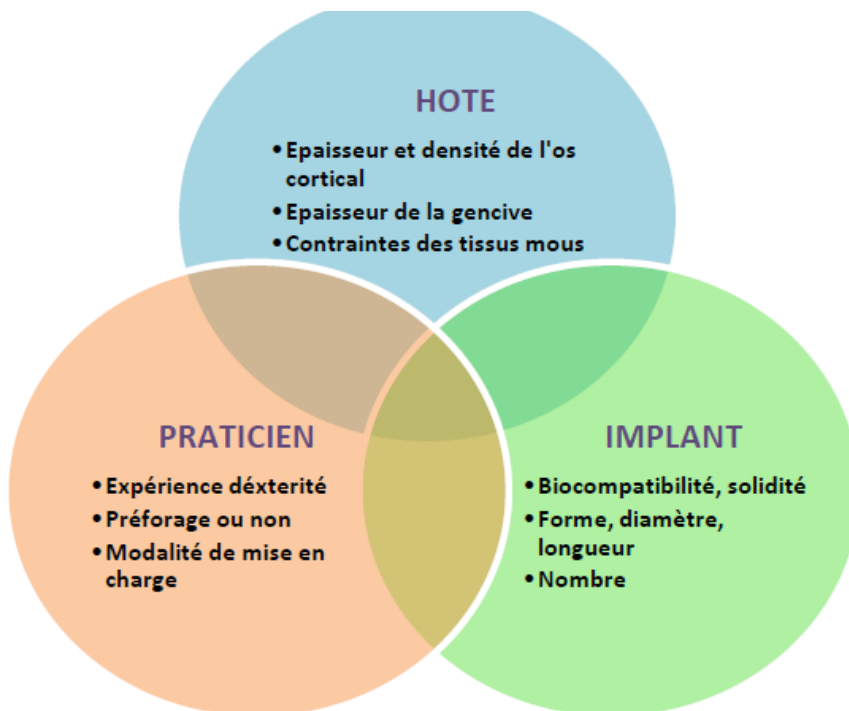


Figure 18 : paramètres influençant la stabilité primaire des minivis⁽¹⁸⁾

2.4 Avantages et Inconvénients

2.4.1 Avantages ⁽⁴⁾

- Biocompatibilité
- facilité de pose et de dépose sous anesthésie locale
- insertion facilitée grâce à sa taille réduite, en de multiples sites de la cavité buccale pour répondre aux besoins thérapeutiques et aux types de mouvements désirés
- confort du patient, efficace sans nécessité de coopération
- possibilité de mise en charge immédiate
- temps de traitement plus court
- coût réduit par rapport aux traitements alternatifs
- obtention d'un ancrage absolu
- tête compatible avec les systèmes de traction orthodontique
- prédictibilité et reproductibilité des résultats orthodontiques
- résistance aux forces orthodontiques dans les différents plans de l'espace
- simplification de la biomécanique orthodontique 36
- traitement plus esthétique et plus conservateur
- ne nécessite pas d'étape au laboratoire

2.4.2 Inconvénients ⁽⁴⁾

Sont peu nombreux mais ils prennent une part non négligeable dans la thérapeutique orthodontique. De plus, le fait de les cibler permet dans certains cas de réduire les taux d'échecs lors du traitement :

- Risque de lésion d'une structure anatomique voisine lors de la pose
- Lésions engendrées par le mauvais choix d'une minivis (inflammation, ulcération, infection des tissus muqueux voisins)
- Risque de fracture des minivis
- Demande d'une certaine motivation de la part du patient pour le maintien d'une bonne hygiène orale pour éviter l'inflammation des tissus péri-implantaires et la perte de la minivis

2.5 Les indications et contre-indications

2.5.1 Les indications des minivis orthodontiques ⁽¹⁹⁾

Les minivis sont indiquées pour le traitement des malocclusions dans les trois sens de l'espace : antéro-postérieur, verticale et transversale

L'utilisation clinique des minivis dans les différentes indications citées ci-dessous seront détaillées dans le chapitre IV (APPLICATION BIOMECANIQUE DES MINIVIS EN FONCTION DES DIFFERENTES INDICATION)

Les minivis sont utilisées pour la correction des anomalies et l'obtention des mouvements suivant :

- Renforcement de l'ancrage au niveau de dents antérieures et postérieures
- Ingression et égression des dents de secteur antérieur et postérieur
- Rétraction des incisives et des canines
- La mise sur arcade des dents incluse
- Redressement de l'axe des molaires
- Mésialisation et distalisation des molaires
- Expansion maxillaire
- Correction d'un articulé inversée
- Déplacement transversal d'une seule dent

2.5.2 Les contre-indications des minivis orthodontiques ⁽⁴⁾

Elles correspondent à celles que l'on prend en compte lors de toute intervention de chirurgie buccale: à savoir, éviter tout acte susceptible d'aggraver l'état général et toutes les affections liées à un risque infectieux.

Les contre-indications sont d'ordre général et local.

2.5.2.1 Les contre-indications générales

2.5.2.1.1 Les contre-indications générales absolues

La pose de minivis est contre-indiquée chez les patients présentant:

- une cardiopathie valvulaire
- un infarctus du myocarde récent
- une hémopathie, une hémophilie, une leucémie aigüe
- un déficit immunitaire grave, congénital ou acquis
- une affection maligne au pronostic vital engagé
- une hémodialyse constante
- une greffe d'organe, et ceux sous traitements immunosuppresseurs
- une ostéoporose traitée par biphosphonates en intra-veineuse
- une affection nécessitant une greffe d'organe
- un SIDA évolué

2.5.2.1.2 Les contre-indications générales relatives

La pose de minivis est contre-indiquée chez les patients présentant:

- une grossesse
- une syphilis secondaire ou tertiaire
- une insuffisance cardiaque coronarienne
- un traitement anticoagulant
- une insuffisance rénale chronique
- un traitement antimitotique
- une maladie auto-immune
- une corticothérapie à forte dose
- un diabète non-équilibré
- une psychopathie grave ou une incapacité intellectuelle des patients
- une maladie endocrinienne non contrôlée
- une toxicomanie
- un abus d'alcool, de tabac ou de médicaments
- une ostéoporose
- une polyarthrite rhumatoïdale
- une séropositivité au VIH

2.5.2.2 Les contre-indications locales

2.5.2.2.1 Les contre-indications locales définitives

La pose de minivis est contre-indiquée lorsque le patient présente:

- une radiothérapie de la région maxillo-faciale (risque d'ostéoradionécrose)
- une tumeur évolutive de la muqueuse buccale
- une quantité et qualité d'os insuffisante (susceptible d'affecter la stabilité de l'ancrage)
- une proximité des éléments anatomiques (sinus, racine, trou mentonnier,...)

2.5.2.2.2 Les contre-indications locales temporaires

La pose de minivis est contre-indiquée lorsque le patient présente:

- une hygiène bucco-dentaire insuffisante
- une pathologie de la muqueuse au site implantaire
- une parodontopathie non stabilisée
- une infection péri-dentaire voisine (poche, kyste, ...)

2.6 Présentation des systèmes les plus courants sur le marché

Les minivis sont présentées sous forme de coffrets qui contiennent tous les instruments chirurgicaux et les accessoires spécialement conçus pour leur pose et leur dépose. Ces kits ne sont en général pas à usage unique, leur stérilisation est donc un préalable obligatoire avant toute utilisation. En revanche, les minivis sont-elles à usage unique et disponible sous sachet stérile⁽⁴⁾.

Chaque fabricant propose ses propres instruments, chacun ayant un design différent. Il est donc indispensable d'utiliser les instruments adaptés au type de minivis que l'on utilise.

Un kit classique contient les instruments nécessaires pour:

- le repérage du site implantaire
- le préforage de la corticale lorsque celle-ci est très dense
- le forage
- le vissage, que celui-ci soit manuel ou mécanique
- le dévissage



Figure 19 : Exemple de kit standard d'Ancotek® Tekka ⁽¹⁶⁾

2.6.1 Le système Spider-screw®⁽²⁰⁾

La Spider Screw® est une marque Italienne qui commercialise des minivis en titane pur autotaraudeuse. La vis peut être chargée immédiatement avec des forces de l'ordre de 50 à 300 g. Une ostéo-intégration complète n'est ni attendue, ni désirée avec ce système d'ancrage.

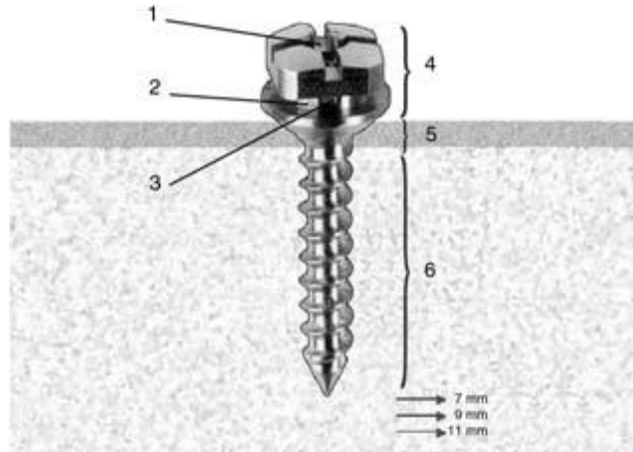


Figure 20 : Caractéristiques de la Spider Screw®⁽²⁰⁾.

1. Fente rectangulaire externe ; 2. Fente rectangulaire interne ; 3. Fente cylindrique interne ; 4. Tête orthodontique ; 5. Col transgingival ; 6. Partie intraosseuse.

2.6.2 Le système Aarhus® ⁽²¹⁾

Les mini-vis Aarhus sont fabriquées à base de Ti6I4V. Toutes les vis standard du système sont disponibles avec des fils de 6 mm ou de 8 mm de longueur et de 1,5 mm de diamètre permet un placement dans des espaces inter-radiculaires restreints sans sacrifier la résistance.

Par ailleurs, les collets pour tissus mous sont disponibles en deux longueurs, 1,5 mm ou 2,5 mm, pour les applications vestibulaires ou palatines.

Dans les figures ci-dessous sont présentées les principales caractéristiques et avantages du système Aarhus

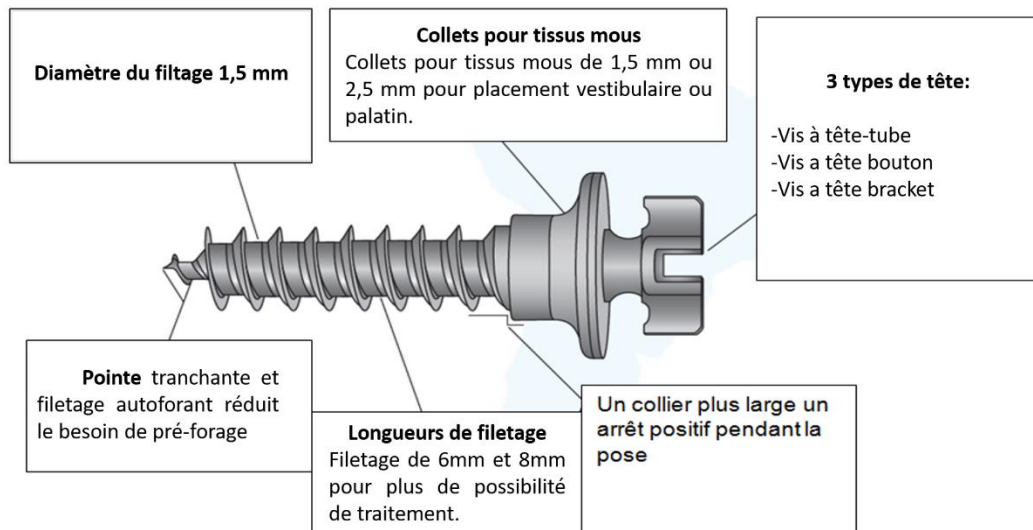


Figure 21 : Principales caractéristiques et avantages du système Aarhus⁽²¹⁾

Vis à Tête-Tube

Les tubes acceptent fils, crochets, leviers, etc., jusqu'à .030 de diamètre.



Vis à Tête Bouton

Les vis à tête bouton sont idéales pour les chaînettes élastiques ou les ressorts en nickel-titane.



Vis à Tête Bracket

Les vis à tête bracket ont une gorge pour être utilisées comme bracket non conventionnel et sont adaptées aux séquences d'arcs jusqu'à .022" x .028".



Figure 22 : les différents types de tête des minivis du **système Aarhus®** (21)

2.6.3 Le système AbsoAnchor® system (orthodontic micro-implant) (22)

Le système AbsoAnchor® propose la gamme la plus diversifié sur le marché concernant les formes de tête ; elle propose un peu plus de 12 formes de têtes différentes : (Small Head-No Head-Long Head-Circle Head-Power Head-Fixation Head-Bracket Head Left and Right Handed screws-Hook Head-Double Head-Golf Head-Tube Head), et c'est la seule société qui propose une gamme de minivis avec tête détachable du corps appelée Joint Head.



Figure 23 : Les différents systèmes de minivis ABSOANCHOR® (22)

2.6.4 Le système IMTEC® Unitek 3M ⁽²³⁾

Le système IMTEC® Unitek 3M fabrique des minivis autotaraudeuse et autoforante qui présente plusieurs caractéristiques.

Caractéristique des minivis IMTEC® :

- Trois longueurs différentes (6, 8 and 10 mm).
- Le col de ces minivis sont composés d'une rainure et de deux trous de 0,030" pour différentes méthodes d'attachement
- La tête carrée est proche du centre de l'implant pour faciliter l'insertion
- Aucune partie de l'implant ne prolonge la perpendiculaire à la direction de l'implant, ainsi il n'y a rien qui peut empiéter avec le tissu une fois placé
- Le filetage modifié et renforcé réduit le dévissage et la perte de la vis

Autres caractéristiques importantes :

- Le capuchon exclusif O-Cap est utilisé pour refouler les tissus mous et empêcher la prolifération des muqueuses, un sillon est prévu pour attacher des ligatures et il peut également être soudé, permettant ainsi la fabrication des divers types d'attachements.
- Nouveau pour le système, le ressort fermé hélicoïdal de verrouillage facile à utiliser qui se ferme une fois installé.

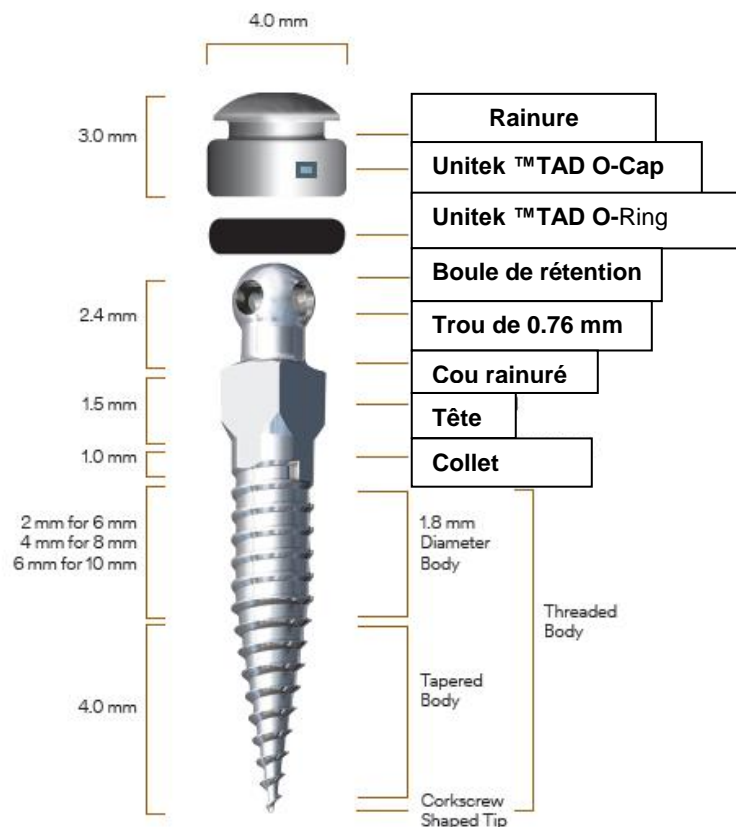


Figure 24 : Description de la minivis IMTEC® ⁽²³⁾

2.6.5 Le système Ancotek® Tekka (ancrages orthodontiques) ⁽¹⁶⁾

La société française Global D par son expérience dans le domaine de la chirurgie maxillo-faciale, a mis son savoir-faire technique au service des minivis d'ancrage, une gamme qui se compose de :

- Minivis d'ancrage transmuqueuse avec une tête de forme :
 1. Cruciforme
 2. Bracket
 3. Tête plot vestibulaire
 4. Tête plot palatin



Figure 25 : Différentes tête de Minivis d'ancrage transmuqueuse ⁽¹⁶⁾

- Minivis d'ancrage sous muqueux :



Figure 26 : Minivis d'ancrage sous muqueux ⁽¹⁶⁾

2.6.6 Vector TAS® (Temporary Anchorage System)⁽²⁴⁾

Vector TAS® (Temporary Anchorage System) de Ormco propose des minivis en Ti-6Al-4V pour une résistance mécanique et une biocompatibilité maximale, avec un code couleur pour le choix de la minivis selon le site d'implantation ; tête brevetée Double Delta pour plus de confort et de flexibilité.

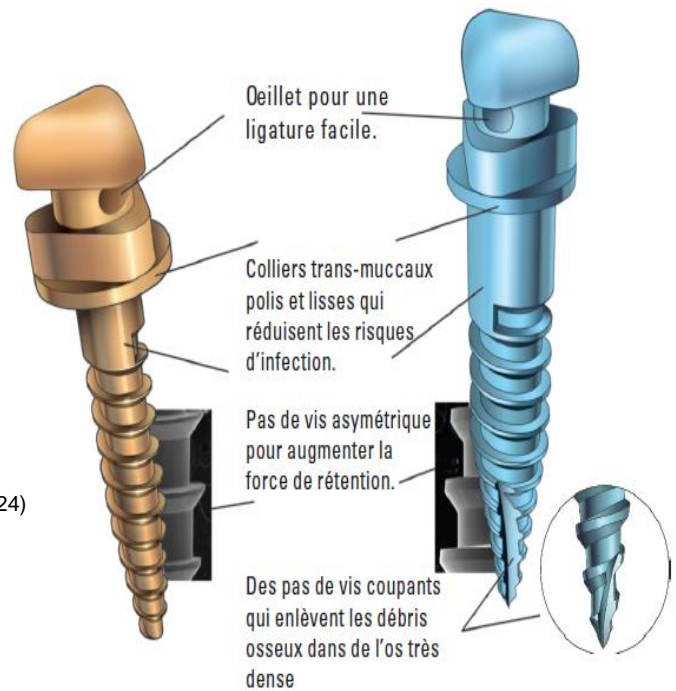
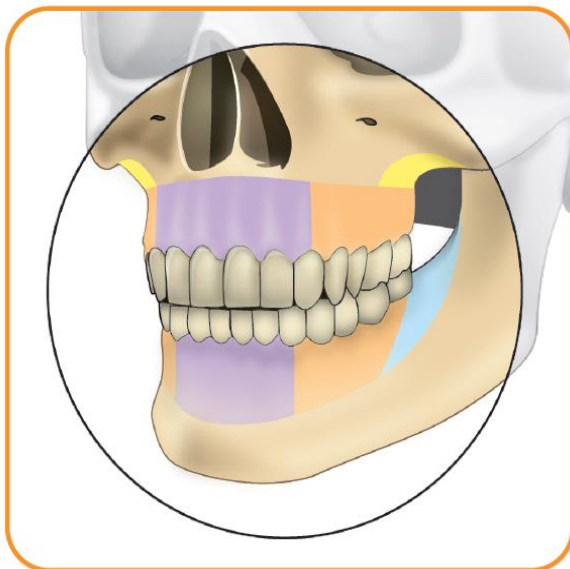


Figure 27: Minivis de Vector TAS^{®(24)}







Couleur	Site recommandé
6mm 	Surface vestibulaire-Crête alvéolaire maxillaire et mandibulaire
8mm 	Surfaces vestibulaire et linguale- Crête alvéolaire maxillaire et mandibulaire (mésiale à la deuxième molaire)
10mm 	Région rétro-molaire
12mm 	Crête infra-zygomatique

Figure 28 : choix de la minivis selon site d'implantation d'après un code couleur ⁽²⁴⁾

2.6.7 Leone® (25)

La société italienne Leone propose des mini-implants orthodontiques fabriqués en acier inoxydable chirurgical, ils ne favorisent donc aucune ostéointégration, et une fois que le mouvement orthodontique est achevé, ils peuvent être aisément déposés.

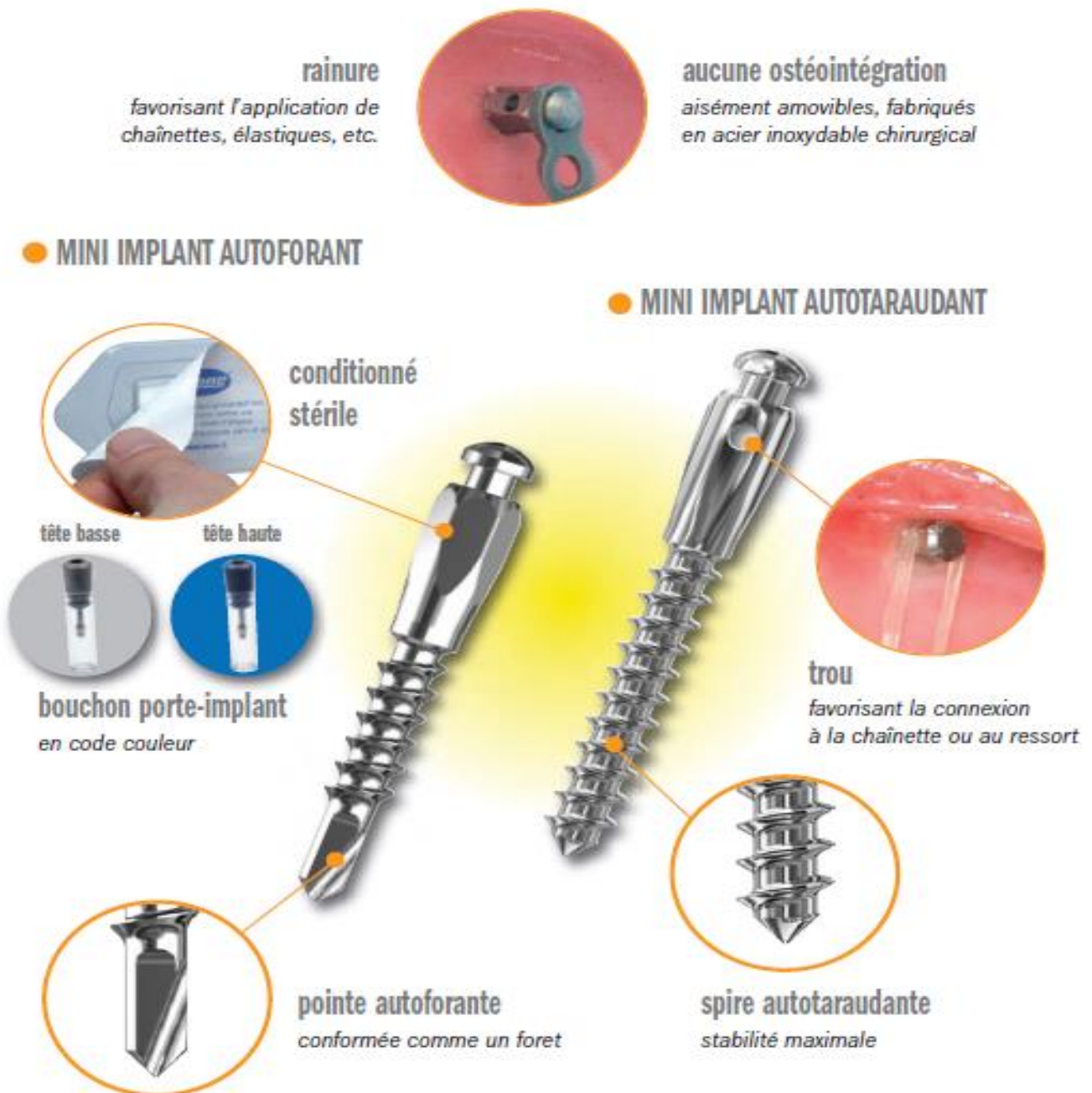


Figure29 : Minivis Leone (25)

2.6.8 Tableau récapitulatif et comparatif des différents systèmes

	Vector TAS®	IMTEK® 3M Unitek	Spider screw®	AbsoAnchor®	Aarhus®	Leone®
Matériau	Alliage titane	Alliage titane	Titane pur	Alliage titane	Alliage titane	Acier inoxydable
Forme de tête disponible	Tête en forme de double delta (hexagonale)	Boule	Bracket	20 formes de tête différentes disponibles	Tête de bouton-bracket-à trou	Grande tête- Petite tête
Longueur disponible	6-8-10-12mm	6-8-10mm	5 mm à 11 mm	5 à 12mm	9.2mm à 12.8mm	6-8-10-12mm
Diamètre disponible	1.4mm-2.0mm		1.5 mm-1.9mm	1.3 à 2.0mm	1.5mm-2.0mm	1.5mm-2.0mm
Col disponible	1mm-2.0mm		1mm-2mm		1.5mm-2.5mm	
Caractéristique de la partie travaillante	Autoforante et autotaraudante	Autoforante et autotaraudante	Autoforante et autotaraudante	autoforante	Autoforante et autotaraudante	Autoforante et autotaraudante

3. PROTOCOCOLE DE MISE EN PLACE DES MINIVIS

3 Protocole de mise en place des minivis

3.1 Examens préopératoire :

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 (garant d'une bonne stabilité primaire) et de guider le geste en évitant d'éventuelles lésions radiculaires, neurologiques ou sinusiennes⁽¹⁸⁾.

3.1.1 Entretien avec le patient et examen clinique⁽²⁶⁾

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.

3.1.2 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 minivis. 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 ⁽²⁷⁾.

3.1.3 1.3 Choix du site implantaire

Pour choisir le site d'insertion d'une minivis, le praticien doit prendre en compte différents facteurs ⁽⁴⁾ :

1. La sécurité: Il faut choisir un site où les risques de dommage sont minimes.
2. L'accessibilité: Cela permettra une bonne mise en oeuvre du protocole chirurgical pour obtenir une bonne stabilité primaire.
3. L'état des tissus mous: Il est préférable de poser une vis dans la gencive attachée pour une meilleure cicatrisation, et réduire les risques d'irritation.

4. L'état des tissus durs: Il faut s'assurer de la qualité et de la quantité de l'os cortical pour obtenir une bonne stabilité primaire.
5. Le confort du patient: La minivis doit être placée dans un secteur où elle engendre une gêne minimale pour le patient, et où le risque d'irritation des tissus environnants est réduit.
6. La nécessité: L'intérêt apporté par la minivis doit être supérieur aux risques encourus et à la gêne du patient (le rapport bénéfice/risque doit être supérieur à 1).

3.1.3.1 Les différents sites d'implantation :

La sélection du site de mise en place de la minivis est l'un des éléments les plus importants dans le succès de la thérapeutique orthodontique. Ils sont multiples en raison de la petite taille de ce système d'ancrage.

Au maxillaire, les minivis pourront être placées ⁽⁴⁾ :

- ✓ au niveau de la crête infra-zygomatique
- ✓ au niveau du plancher de l'épine nasale antérieure
- ✓ au niveau de la tubérosité maxillaire
- ✓ au niveau de la suture palatine
- ✓ entre la première et la deuxième molaire, à distance de la crête alvéolaire de 2 à 5mm du côté palatin et vestibulaire
- ✓ entre la première molaire et la deuxième prémolaire, à distance de la crête alvéolaire de 2 à 8 mm du côté palatin et de 5 à 8 mm du côté vestibulaire
- ✓ entre la première et la deuxième prémolaire du côté palatin et vestibulaire
- ✓ entre la canine et la première prémolaire, à distance de la crête alvéolaire de 5 à 10 mm du côté vestibulaire et palatin
- ✓ entre les incisives

A la mandibule, les minivis pourront être placées ⁽⁴⁾ :

- ✓ au niveau de la zone rétro-molaire
- ✓ entre la première et la seconde molaire du côté vestibulaire
- ✓ entre la première molaire et la seconde prémolaire, à 11 mm de la crête alvéolaire du côté vestibulaire
- ✓ entre la première et la deuxième prémolaire du côté vestibulaire
- ✓ entre la canine et la première prémolaire, à 11 mm de la crête alvéolaire du côté vestibulaire
- ✓ au niveau de la symphyse mandibulaire

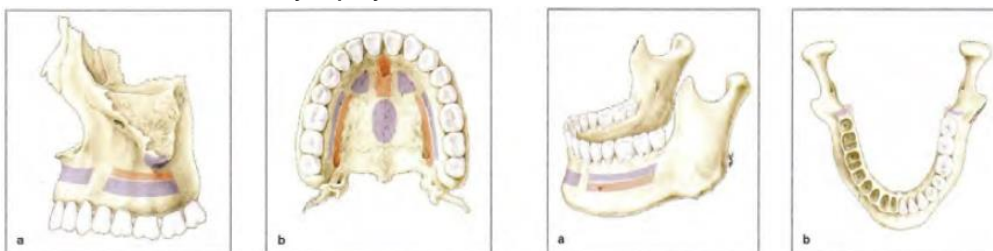


Figure 30 : zones de sécurité en violet, Lee et al. ⁽²⁸⁾

3.1.4 Choix de positionnement, du diamètre, de la longueur de minivis ⁽²⁸⁾

Le positionnement de la vis doit être déterminé en prévoyant une distance de sécurité de 1,5 à 2 mm avec les structures anatomiques pour éviter toute lésion du ligament parodontal et de l'entité dentaire. Cette distance est d'autant plus importante que certains auteurs ont montré que la vis peut se déplacer de 1 à 1,5 mm pendant la mise en fonction. Si l'espace n'est pas assez large, comme par exemple en inter-radicaire, le praticien devra choisir un autre site d'insertion.

Le choix du diamètre et de la longueur de la minivis découle de l'analyse radiographique et de l'axe d'insertion qu'offre le site receveur.

L'insertion est monocorticale. Afin d'optimiser la stabilité de l'ancrage, il faut choisir la minivis la plus longue et la plus large que le site receveur puisse accepter.

3.2 Protocole d'insertion des minivis :

3.2.1 Technique standard :

- **Asepsie endo- et péri-buccale** : Chlorhexidine, Métronidazole ou povidone iodée.
- **Anesthésie de surface** ⁽²⁹⁾ :

L'anesthésie doit toujours être superficielle. Il est en effet essentiel de conserver entièrement la sensibilité des dents avoisinant le site d'insertion pour préserver ce précieux « signal d'alerte » si l'implant venait à s'approcher d'une racine. Certains vont même jusqu'à proposer des poses sans anesthésie, ou simplement avec une anesthésie topique.

En pratique, après une anesthésie topique, une très faible infiltration de quelques gouttes sans adrénaline est pratiquée.

Dans certains sites où les tissus mous sont plus épais (surfaces palatines, triangle rétro-molaire, tubérosité), un sondage mesurant cette épaisseur doit être effectué après anesthésie, afin d'adapter la longueur et la hauteur du col du mini-implant.

- **Guide chirurgical** :

Préconisé par certains, il existe sous forme variée ⁽⁷⁾ : métallique, résineux.



Figure 31: guide chirurgical, Janson et al. ⁽²⁹⁾

Figure 32: guide chirurgical, Miyazawa et al. ⁽²⁹⁾

Figure 33: guide chirurgical, Costa et al. ⁽²⁹⁾

Figure 34: guide chirurgical, Pongsamart et al. ⁽²⁹⁾

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⁽¹⁸⁾.

Utilisation de guide chirurgicale ⁽¹⁸⁾:

Un guide radiologique est positionné en bouche, 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 (Fig.35)

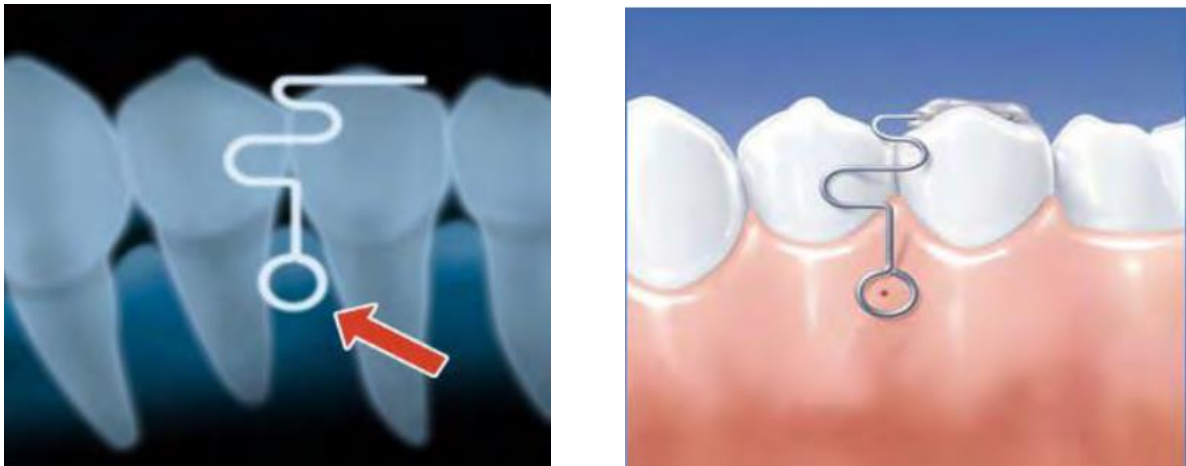


Figure 35: Exemple de guide chirurgical ⁽¹⁸⁾

- **Mise en place de la minivis (Forage et vissage):**

- Le forage ⁽¹⁰⁾ :

- ✓ Pour les vises autotaraudantes l'insertion est précédée d'un préforage réalisé sous irrigation avec un foret de taille adaptée puis du forage de toute la longueur de la minivis à l'aide d'un foret sur contre-angle.
- ✓ L'insertion est directe au travers de la gencive avec un tournevis manuel ou un contre-angle à vitesse réduite, sans forage préalable puisque la pointe de la minivis amorce elle-même le vissage. Néanmoins, il est recommandé, afin de limiter les contraintes appliquées à l'os et à la minivis, de réaliser un avant-trou (préforage) lorsque l'épaisseur de corticale est supérieure à 1 mm.

- Le vissage ⁽³⁰⁾ :

Manuel ou mécanique : Un vissage manuel doit être préféré afin de conserver les sensations tactiles et de percevoir tout début de résistance signalant une proximité radiculaire qui pourrait nécessiter un repérage radiologique peropératoire.

Deux types de tournevis, court et long, permettent de couvrir toutes les situations de pose. Le tournevis long est utilisé pour les oses des sites vestibulaires ; le court est utilisé pour les sites palatins, tubérositaires et retromolaires, moins accessibles.

Dans ces sites moins accessibles, une mise en place mécanique au moyen d'un contre angle réducteur (30 à 50 tours par minute) peut être envisagé. Le dernier tiers du vissage, sera toutefois toujours effectuée avec le tournevis manuel en raison du risque accru de proximité radiculaire.

L'enfouissement de la totalité des spires en fin de serrage doit éviter toute compression du périoste, souvent à l'origine de micro fractures pouvant compromettre la stabilité primaire du mini-implant.

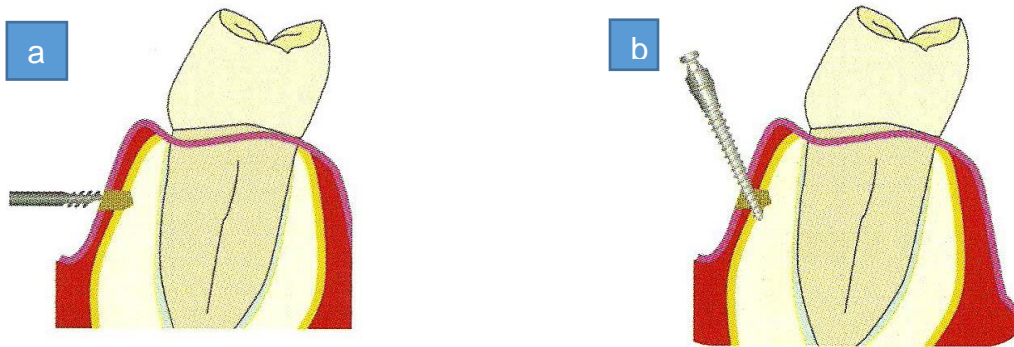


Figure 36: Réalisation mécanique d'une indentation perpendiculaire à la corticale (a) Pose d'un mini-implant à la mandibule selon un angle moyen de 10° (b) ⁽³⁰⁾

Pour bénéficier des avantages d'une pose mécanisée tout en conservant des sensations tactiles, la possibilité depuis peu d'utiliser un « moteur à entraînement manuel » (Fig.37) simplifie et sécurise l'acte chirurgical dans des sites difficiles d'accès.

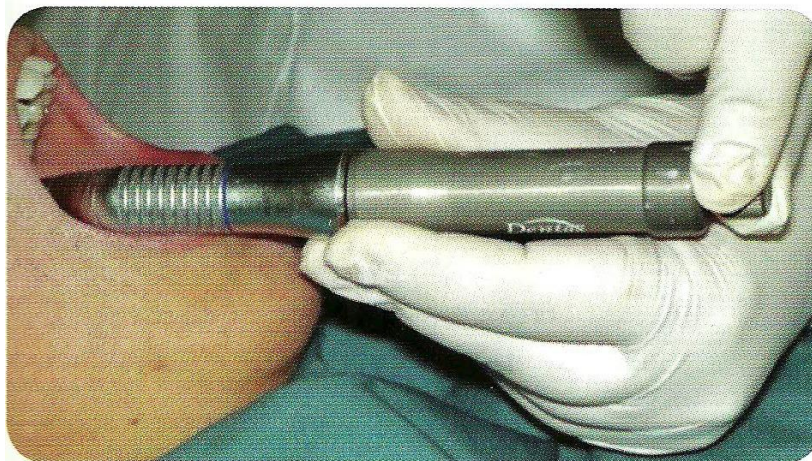


Figure 37 : Pose « manuelle » avec contre angle ⁽³⁰⁾

- **Axe d'insertion** ⁽³⁰⁾

La difficulté chirurgicale ne réside pas dans l'amorce du vissage mais dans le maintien des axes d'insertion : horizontal et vertical.

Dans le sens vertical, l'axe d'insertion est généralement oblique (en moyenne 30° par rapport à l'axe de la dent au maxillaire, et 10 à 20 ° à la mandibule) (Figure 10) afin :

- De minimiser les risques de lésions radiculaires;
- D'augmenter la surface de contact avec la corticale ;

Dans les espaces édentés, et lorsque les mini-implants doivent supporter des tractions intermaxillaires, l'axe d'insertion sera de préférence perpendiculaire la surface osseuse.

Il est important que le praticien puisse adapter sa position par rapport au patient, de manière à maintenir une orientation de 90° de son avant-bras par rapport au site implante.

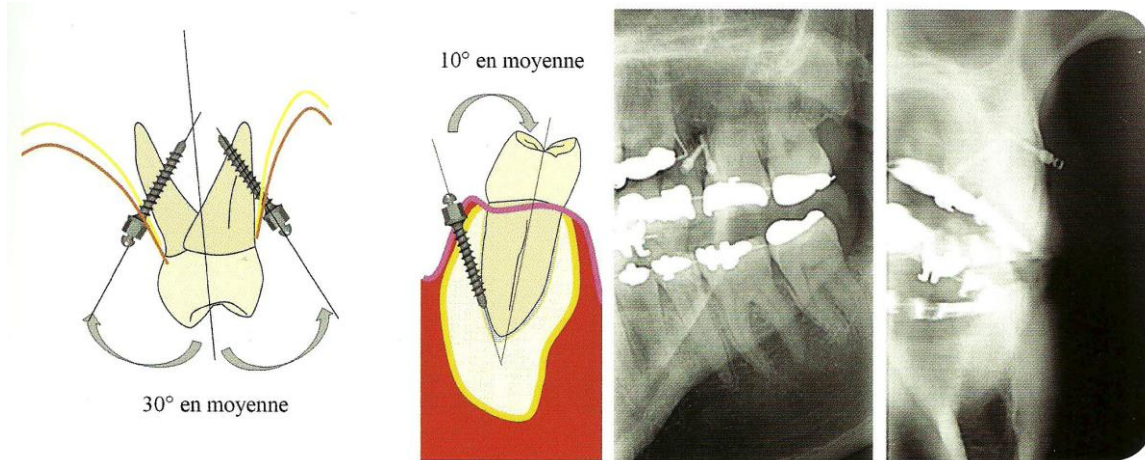


Figure 38: Axes d'insertion moyens dans les espaces inter-radicaux au maxillaire et à la mandibule par rapport à l'axe molaire ⁽³⁰⁾.

- **Contrôle de la stabilité primaire ⁽¹⁰⁾:**

Il faut tester la mobilité de la vis en traction et en compression à l'aide d'une sonde et un test de percussion sur la tête de la vis avec le manche d'un miroir doit produire un son sourd et métallique pour attester de la stabilité primaire.

- **Radiographie de contrôle ⁽¹⁰⁾ :**

Il faut vérifier radiologiquement l'axe d'insertion et le bon positionnement de la minivis.

- **Mise en charge :** Elle peut être immédiate ou différée.

- **Consignes post-opératoires ⁽³⁰⁾ :**

Des recommandations sont données au patient immédiatement après la pose de mini-implant :

- Brossage doux du mini-implant, excluant tout brossage électrique ou vibratoire;
- Le patient doit éviter de toucher le mini-implant avec les doigts ou avec la langue.

Une prescription d'analgique (paracétamol), ou d'AINS (ibuprofène a un dosage adapte) et de bains de bouche antiseptiques est généralement suffisante pour prévenir tout inconfort.

En technique enfouie, une prescription préventive d'antibiotiques est recommandée. Une antibioprofylaxie doit être systématique chez les patients présentant une pathologie générale augmentant le risque infectieux (diabète, pathologies cardiovasculaires, immunodéficience).

Le patient est prévenu qu'il doit consulter en cas de douleur persistante ou d'une mobilité du mini-implant.

3.2.2 Technique enfouie ⁽³⁰⁾

Certaines conditions anatomiques défavorables (espace inter radicaire insuffisant, sinus procident, faible hauteur de gencive attachée) nous imposent un placement plus apical du mini-implant dans la muqueuse libre.

Protocole opératoire :

- Anesthésie locale
- Une incision horizontale ou verticale de la muqueuse est nécessaire.
- Selon le site (ligne oblique externe, crête infrazygomatique) une indentation ou un préforage sous irrigation sont pratiques avant vissage du mini-implant.
- Vissage du mini-implant
- une liaison par ligature ou arc auxiliaire doit émerger avant de suturer la muqueuse incisée (Fig.39).



Figure 39: Mini-implant dans la Crête infrazygomatique pour réaliser une régression molaire par traction simultanée à partir de mini-implants vestibulaire et palatin ⁽³⁰⁾

3.3 Modalités de mise en charge ⁽³⁰⁾

Nous recommandons dans la plupart des cas une « mise en charge progressive », avec un niveau de force de 30 à 50 g lors des premières activations. Avec la

densification osseuse, l'intensité de la force sera augmentée progressivement (150 à 200 g). Des moments modérés pourront également être supportés par l'implant à partir du deuxième mois suivant la pose.

Cette mise en charge ne compromettrait pas la formation d'os autour du mini-implant. Certains cas particuliers nécessiteront toutefois un délai de mise en charge (cinq à six semaines) permettant l'obtention d'un os lamellaire plus minéralisé, augmentant la stabilité de l'implant:

- Stabilité primaire insuffisante (faible densité osseuse);
- Application de forces orthopédiques (disjonction sur mini—implant, etc.);
- Application de moments (vis brackets);
- Application de forces intermittentes (port d'élastiques intermaxillaires sur le mini-implant).

En effet, le torque nécessaire à la dépose du mini-implant, indépendamment du délai de mise en charge, augmente significativement à partir de la cinquième semaine. (Un contrôle du niveau de force selon la stabilité est toutefois nécessaire ; des forces excessives aboutiront à la mobilisation du mini-implant même en présence d'une bonne stabilité primaire.

3.4 Dépose des mini-implants ⁽³⁰⁾

La dépose des mini-implants ne nécessite généralement pas d'anesthésie. Les résultats histologiques montrent que l'interface os/mini-implant et la minéralisation osseuse augmentent avec la durée de charge. L'hexagone du mini-implant peut être envahi comme le sont les vis d'ostéosynthèse des plaques chirurgicales par apposition osseuse, imposant lors de la dépose une insertion précise du tournevis dans l'hexagone pour prévenir le risque de fracture de la tête du mini-implant.

4. APPLICATION BIOMECHANIQUE DES MINIVIS EN FONCTION DES DIFFERENTES INDICATION

4 APPLICATION BIOMECHANIQUE DES MINIVIS EN FONCTION DES DIFFERENTES INDICATION

4.1 Contrôle antéro-postérieur et vertical

4.1.1 Dent antérieures

4.1.1.1 Renforcement d'ancrage

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

L'utilisation de minivis peut permettre de renforcer l'ancrage dentaire lorsque certaines dents sont sollicitées de manière importante. Ainsi, on peut avoir recours aux minivis lorsque l'on souhaite renforcer l'ancrage des incisives maxillaires afin de les stabiliser dans le plan horizontal et de maintenir le surplomb ⁽³¹⁾.

4.1.1.1.2 Renforcement d'ancrage des dents antérieures maxillaires dans le plan vertical

Le recours à une minivis peut s'avérer judicieux pour stabiliser la position verticale des incisives et contrôler le recouvrement dans les phases de nivellement par exemple ⁽³¹⁾.

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

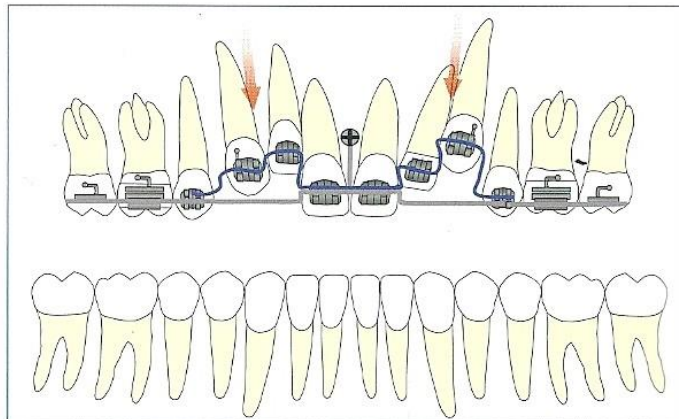


Figure 40: L'extrusion des dents maxillaires retenues à tendance à entraîner réciproquement l'ingression des incisives centrales. Le recours aux minivis et à un arc sectionnel permet de maintenir le recouvrement ⁽³¹⁾

4.1.1.1.3 Renforcement d'ancrage des dents antérieures mandibulaires dans le plan horizontal

L'ancrage des incisives mandibulaires peut lui aussi être renforcé dans le plan horizontal ⁽³¹⁾. Ceci aura pour intérêt de limiter l'avancée des incisives lors de l'utilisation d'appareil fonctionnel de type bielles de Herbst ou d'élastiques inter-maxillaires de classe II.

La minivis sera alors placée préférentiellement en vestibulaire, entre seconde prémolaire et première molaire et reliée aux incisives ou aux canines par l'intermédiaire d'un arc rigide ⁽³¹⁾.

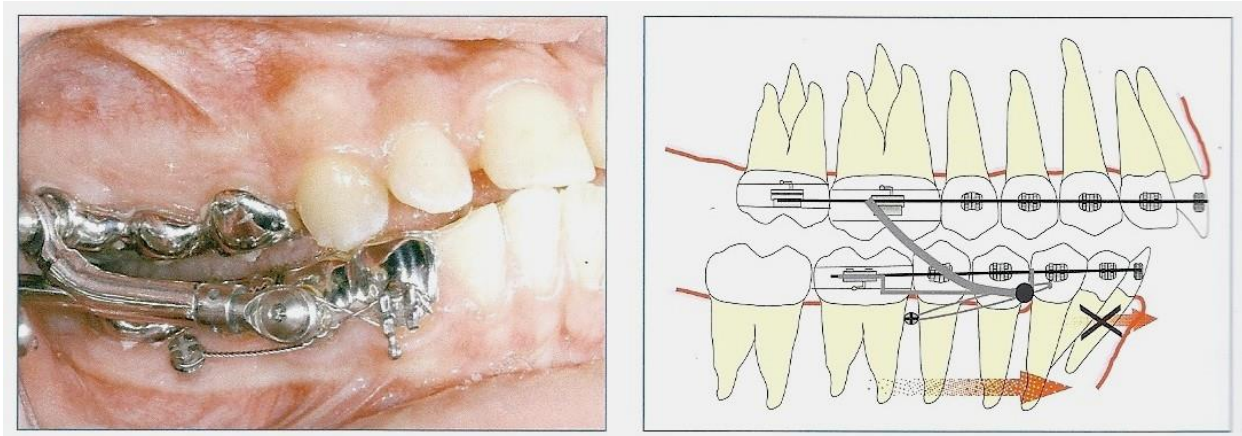


Figure 41: minivis mandibulaires bilatérales pour s'opposer à l'avancée des incisives lors de la correction d'une classe II à l'aide de biellettes de Herbst⁽³¹⁾

4.1.1.1.4 Renforcement d'ancrage des dents antérieures mandibulaires dans le plan vertical

Enfin, l'ancrage des incisives mandibulaires pourra aussi être renforcé verticalement ⁽³¹⁾. De la même façon qu'au maxillaire, un implant sera préférentiellement positionné au niveau du vestibule du secteur incisif.

4.1.1.2 Ingression

L'utilisation de minivis dans les cas d'ingression des incisives peut avoir son intérêt car elle facilite le contrôle de la position des dents dans les trois dimensions de l'espace. En effet, les minivis permettent de contrôler à la fois l'axe des incisives et la position antéro-postérieure et verticale de leur bord libre ⁽³²⁾.

De façon générale, une force unique à partir d'un seul implant est suffisamment efficace pour permettre l'ingression du bloc antérieur mais l'application d'une telle force produit des mouvements incontrôlés. Le type de mécanique sera donc choisi avec précaution en fonction de la position souhaitée des apex. A l'exception des cas d'ingression asymétrique, le recours à plusieurs implants sera préféré. Ceux-ci peuvent être situés de part et d'autre entre incisives centrales et latérales ⁽³²⁾.

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

Il existe 4 types d'ingression en fonction du point d'application de la force ⁽³²⁾ :

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

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

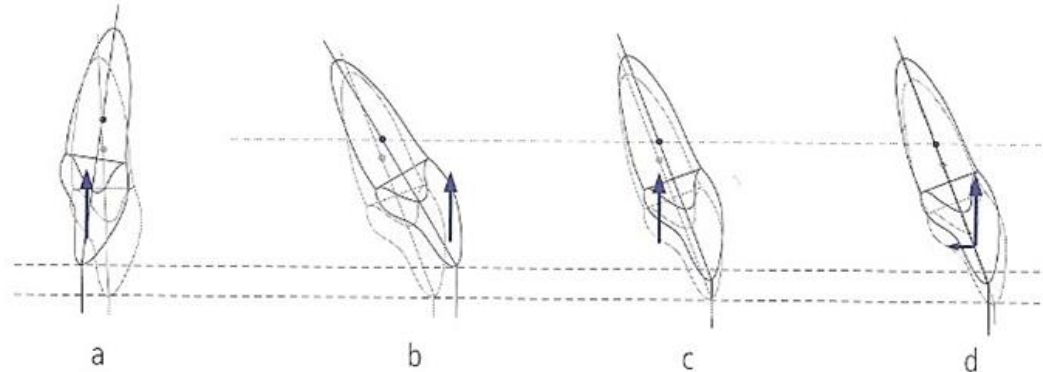


Figure 42: Différents types d'ingression en fonction du point d'application de la force ⁽³²⁾

Ainsi, en fonction du type de déplacement désiré, les minivis pourront être positionnées de manières différentes ⁽³²⁾:

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

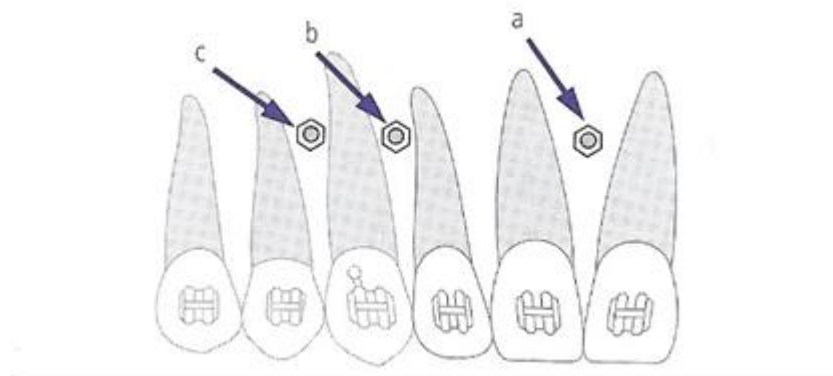


Figure 43: Positionnement des minivis pour appliquer des forces directes ⁽³²⁾

4.1.1.3 Egression

Une égression simple est plus facile à réaliser qu'une ingression. En revanche lorsqu'elle est associée à une augmentation de la dimension verticale, elle devient beaucoup plus compliquée. En effet, elle s'accompagne alors d'un étirement des tissus mous; la stabilité et le maintien des résultats obtenus sont donc plus difficiles à maintenir⁽³²⁾.

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

Lorsque l'égression ne concerne qu'une dent isolée, la minivis est placée dans le vestibule de l'arcade antagoniste pour une application directe des forces. Si l'égression concerne tout le bloc incisivo-canin, les minivis sont alors insérées dans les secteurs postérieurs.

4.1.1.4 Rétraction antérieure

4.1.1.4.1 Principes

Le recul du bloc incisivo-canin maxillaire est une des indications principales de l'utilisation des minivis. Il fait suite à l'extraction des premières prémolaires maxillaires dans le traitement de certaines classes II ⁽³¹⁾.

L'utilisation d'un ancrage squelettique permet un recul efficace du bloc incisivo-canin maxillaire sans déplacement des secteurs postérieurs. De plus, les molaires qui ont tendance à être égressées dans les mécaniques conventionnelles, sont ici stables voire ingressées ⁽³³⁾.

D'un point de vue biomécanique, ce recul doit être réalisé tout en contrôlant le torque antérieur, l'axe des canines et la position verticale des dents. Le recours aux minivis permet un meilleur contrôle des mouvements indésirables et réduit les forces rétractives appliquées sur les molaires ⁽³¹⁾.

Lors du positionnement des minivis, le but est d'obtenir une ligne d'action qui soit la plus favorable possible à la réalisation des objectifs de traitement ⁽³¹⁾.

De façon générale, les mécaniques sectionnelles seront favorisées ⁽³²⁾. En effet, lors du recul des incisives par une mécanique de glissement à l'aide de chainettes ou de ressorts reliant les minivis à des crochets positionnés sur l'arc, il se crée une friction notamment au niveau des brackets des canines. Cette friction a tendance à bloquer l'arc qui va favoriser une distalisation des deuxièmes prémolaires (a). Ce mouvement parasite sera donc limité par l'utilisation d'arcs sectionnels (b).

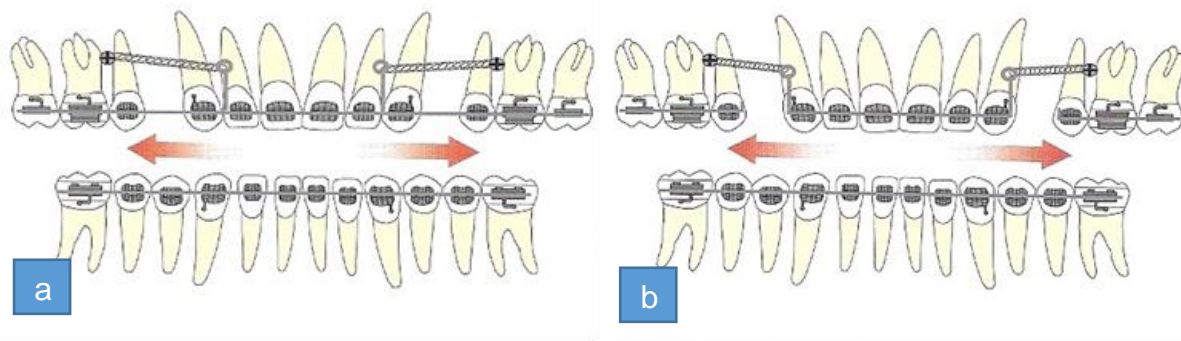


Figure 44: rétraction antérieure à l'aide de minivis par une mécanique de glissement (a) ou par une mécanique sectionnelle (b) ⁽³²⁾.

4.1.1.4.2 Positionnement des minivis

Afin d'assurer le recul du bloc incisivo-canin, les minivis sont positionnées préférentiellement entre la prémolaire et la molaire. Elles sont reliées au bloc antérieur par une potence située en mésial ou en distal de la canine. En fonction de la hauteur du positionnement des minivis et de la longueur du crochet, la mécanique de recul sera associée ou non à un déplacement vertical ⁽³²⁾.

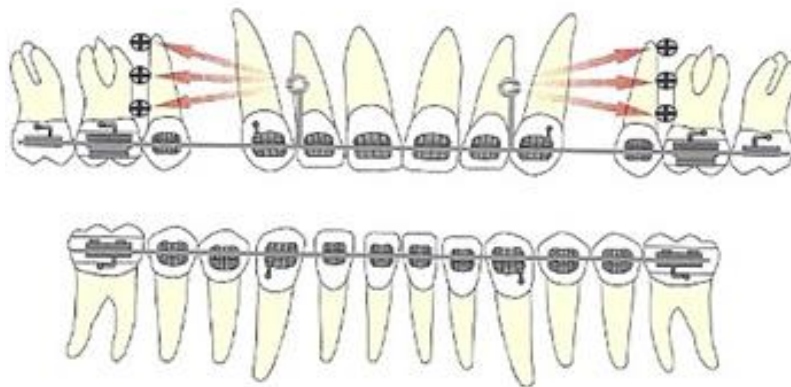


Figure 45: Les différents vecteurs de force en fonction de la position de la minivis ⁽³²⁾

Les minivis peuvent être :

- situées à une **hauteur moyenne** (entre 8 et 10mm au-dessus de l'arc) que ce soit au maxillaire (a) ou à la mandibule (b), le recul se fera en translation et l'orientation du plan d'occlusion ne sera pas modifiée.

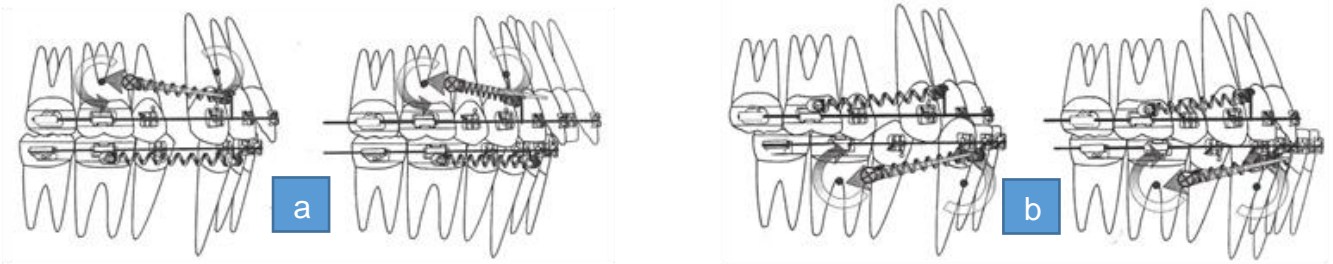


Figure 46 a et b : Maintien du plan d'occlusion maxillaire (a) ou mandibulaire (b) lors de la rétraction du bloc incisivo-canin à l'aide de minivis positionnées à hauteur moyenne ⁽³²⁾.

- situées en **position gingival**, le recul des dents antérieures s'accompagne d'une rotation horaire au niveau de l'arcade maxillaire (c) et anti-horaire au niveau de l'arcade mandibulaire (d), ce qui peut être utile pour les patients présentant un défaut de recouvrement ⁽³²⁾.

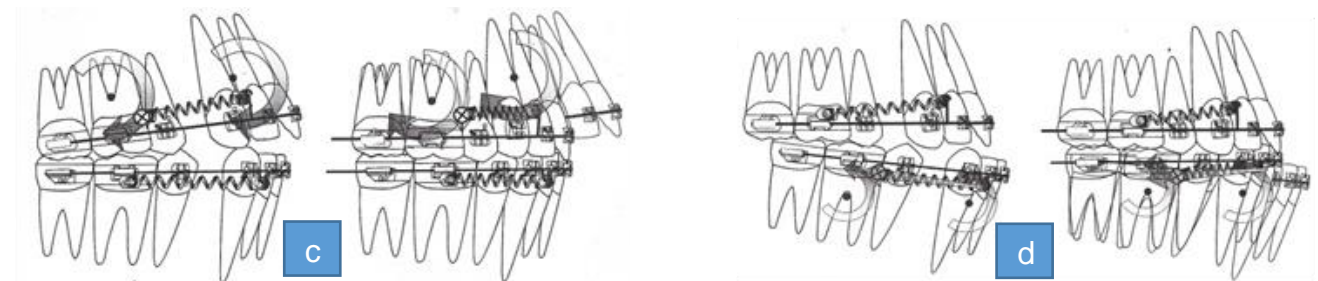


Figure 47 c et d : Modification de l'orientation du plan d'occlusion maxillaire (c) et mandibulaire (d) lors de la rétraction du bloc incisivo-canin à l'aide de minivis positionnées en gingival ⁽³²⁾.

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

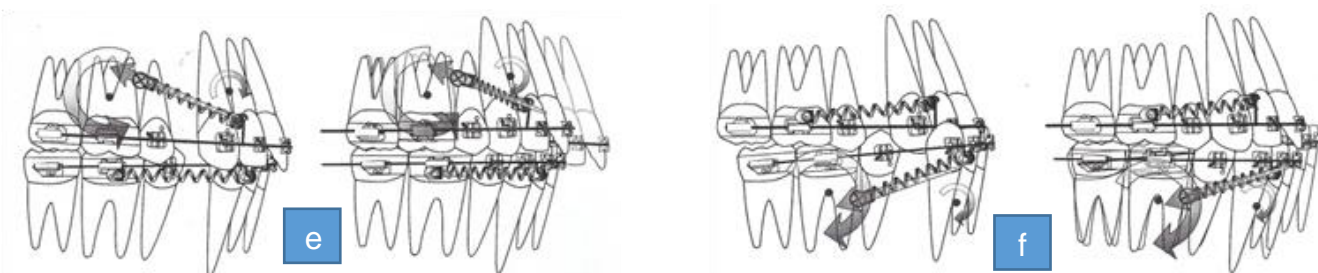


Figure 48 e et f : Modification de l'orientation du plan d'occlusion maxillaire (e) et mandibulaire (f) lors de la rétraction du bloc incisivo-canin à l'aide de minivis positionnées en apical ⁽³²⁾.

4.1.1.4.3 Contrôle du torque antérieur

Lors de la rétraction des incisives ou des canines, l'objectif est d'obtenir une translation. Pour obtenir un mouvement de translation seul, il est nécessaire que la ligne d'action de la force passe par le centre de résistance de la dent ou que la force

appliquée au bracket soit associée à un moment qui permette de contrôler l'axe de la racine. ⁽³²⁾

4.1.1.4.4 Contrôle de la forme d'arcade

Au cours d'un traitement avec extractions, la largeur de l'arcade au niveau des prémolaires est modifiée. Plus les dents antérieures sont reculées, plus le diamètre transversal à tendance à être réduit et plus il faudra contrôler la forme d'arcade ⁽³²⁾.

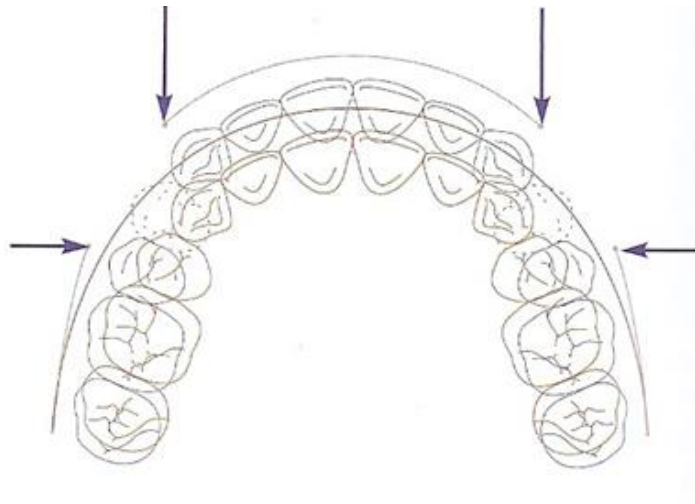


Figure 49 : Lors de l'extraction des prémolaires, la forme de l'arcade doit être modifiée en fonction de l'importance de la rétraction ⁽³²⁾

Les méthodes utilisées pour contrôler l'axe des canines sont détaillées dans la partie « rétraction canine » page 64.

Le contrôle de la forme d'arcade dépend également du contrôle de l'axe des canines.

En effet, lors du recul du bloc antérieur, si les canines sont versées en distal, en palatin ou en lingual, la distance inter-canine diminue et l'arcade prend une forme en « V » plutôt qu'en « U » ⁽³¹⁾.

4.1.1.4.5 Contrôle du bowing

La version des dents dans un espace d'extraction entraîne un bowing (flexion de l'arc) transversal et vertical ⁽³²⁾. un bowing vertical peut se produire même avec des minivis. Sous l'effet des forces rétractives, les canines se versent distalement entraînant une flexion de l'arc. En conséquence, les prémolaires sont versées mésialement et ingressées et le torque antérieur peut être perdu.

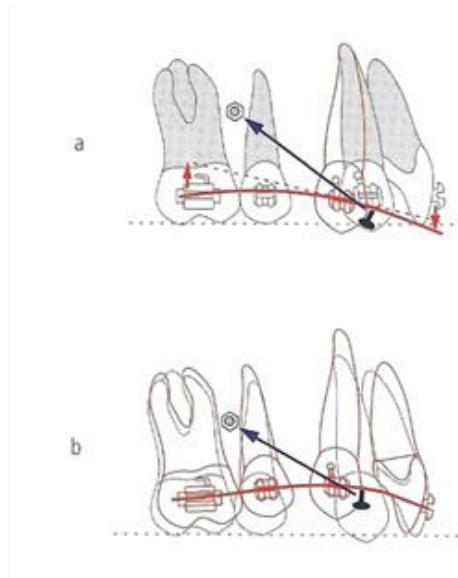


Figure 50 : Un bowing vertical peut se produire même avec les minivis ⁽³²⁾

De même dans la direction transversale, les forces de rétraction ont tendance à entrainer une rotation des canines et des molaires (a et b). Or une molaire en rotation occupe plus de place et risque de perdre sa position en classe I (c) ⁽³²⁾.

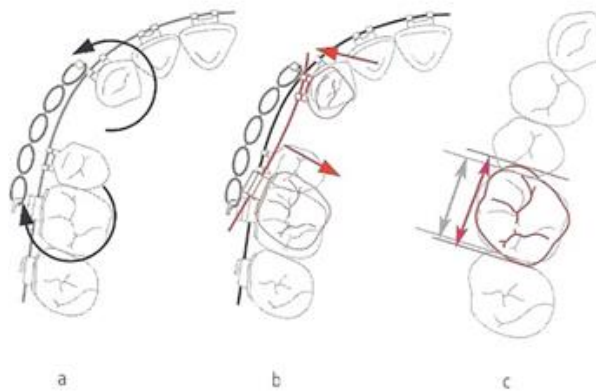


Figure 51 : Une flexion de l'arc peut s'observer dans le sens transversal ⁽³²⁾

Pour limiter le bowing qu'il soit vertical ou transversal, il est possible d'utiliser un arc plus rigide, d'appliquer une compensation dans l'arc ou de réduire la force de rétraction. De plus, il pourra être limité par un contrôle strict de l'axe des canines et des molaires ⁽³²⁾.

4.1.1.4.6 Alignement des milieux

Afin de corriger une déviation des milieux, il est nécessaire que canines et prémolaires aient une position antéro-postérieure correcte et que la forme d'arcade ait été corrigée. De plus, les quatre dents antérieures doivent être déplacées latéralement (mouvement de translation).

La correction des milieux par des élastiques inter-arcades, qu'ils soient fixés sur des dents (a) ou des minivis (c), crée des mouvements indésirables d'égression et une bascule du plan d'occlusion (b et d).

Pour obtenir une translation latérale, un moment adéquat permettant de contrôler la position des racines ou une force passant par le centre de résistance des dents est nécessaire. Ceci pourra être obtenu par l'utilisation de potences soudées à l'arc (e) (32)(34).

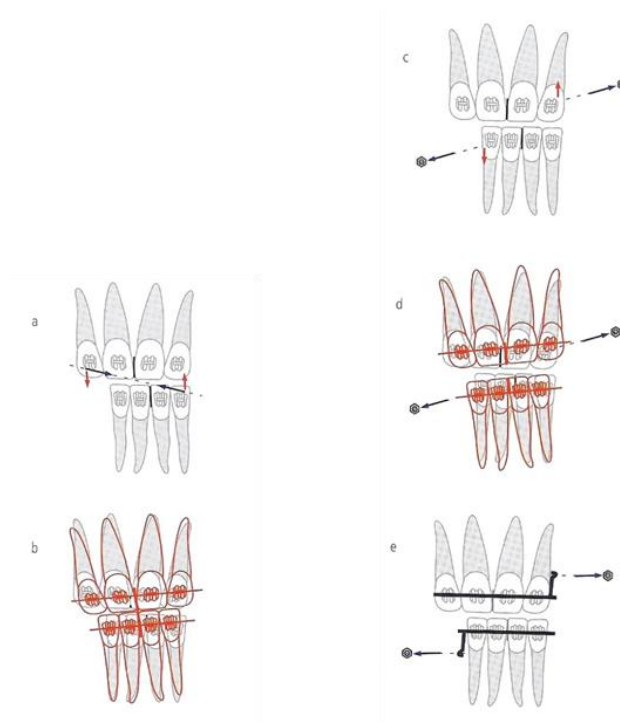


Figure 52: Correction d'une déviation des milieux (32)

4.1.1.4.7 Mécanique linguale

Le recours à des techniques linguales permet un meilleur contrôle de la mécanique. Les minivis pourront alors être positionnées (31) :

-En vestibulaire et en palatin entre deuxième prémolaire et première molaire afin d'assurer le recul du bloc antérieur par un ancrage direct (a)

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

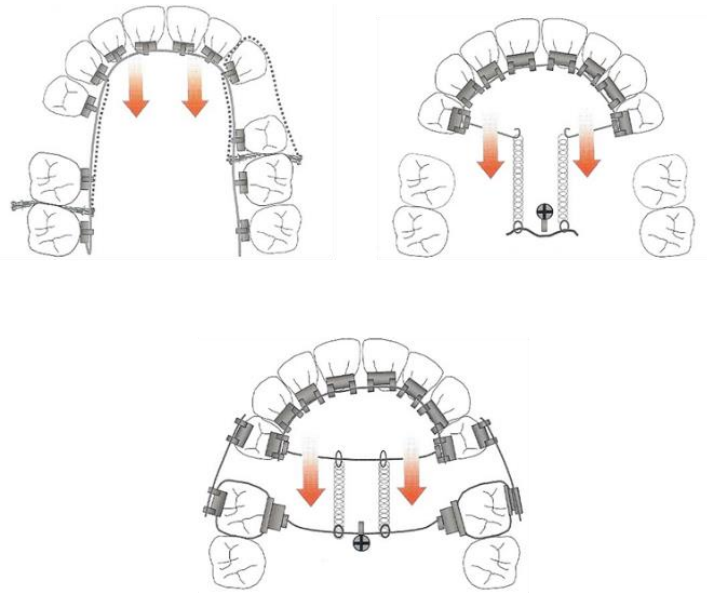


Figure 53: Rétraction antérieure en technique linguale ⁽³¹⁾

4.1.2 Canines

4.1.2.1 Rétraction canine

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

Comme pour la rétraction des incisives, le recours aux minivis permet de faciliter le recul de la canine et d'assurer un meilleur contrôle de la dent dans les trois dimensions de l'espace ⁽³¹⁾.

La position de la minivis sera choisi en fonction de la situation clinique et des mouvements souhaitées afin d'éviter les mouvements indésirables.

En technique vestibulaire, les minivis seront positionnées préférentiellement entre prémolaires et molaires. Le recul canin pourra se faire selon trois modes (31) :

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

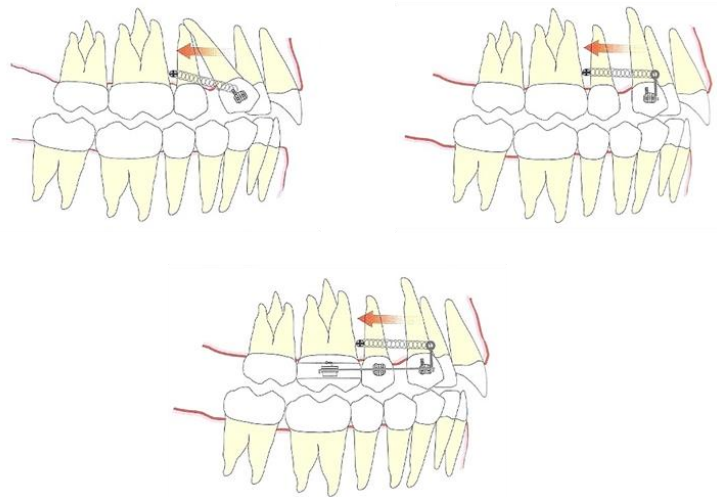


Figure 54 : Recul canin en technique vestibulaire ⁽³¹⁾

En technique linguale, les minivis pourront être placées en interdentaire ou en médio-palatin ⁽³¹⁾.

4.1.2.2 Mise sur arcade des canines incluses

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

Inversement, si la canine doit être déplacée en direction vestibulaire, la minivis sera placée en vestibulaire ⁽³¹⁾.

4.1.3 Dents postérieures

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

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

4.1.3.1 Renforcement d'ancrage

L'utilisation de minivis peut être un moyen simple de renforcer l'ancrage des molaires lorsque celles-ci sont fortement sollicitées ⁽³¹⁾.

Ainsi, la mise en place d'une minivis dans le vestibule en distal des molaires peut permettre de limiter leur mésialisation, notamment en cas de recul des prémolaires (a).

La qualité de l'os étant faible dans la partie postérieure de l'arcade maxillaire, le recours à deux minivis situées en vestibulaire et en palatin sera d'autant plus efficace pour renforcer l'ancrage ⁽³¹⁾.

Une autre alternative consiste à utiliser ⁽³¹⁾ :

- Une barre transpalatine reliée à deux mini-implants situés en interdentaire palatin entre prémolaire et molaire et à hauteur du centre de résistance des molaires (b)
- Un arc palatin relié à une minivis située au niveau de la suture médio-palatine (c).

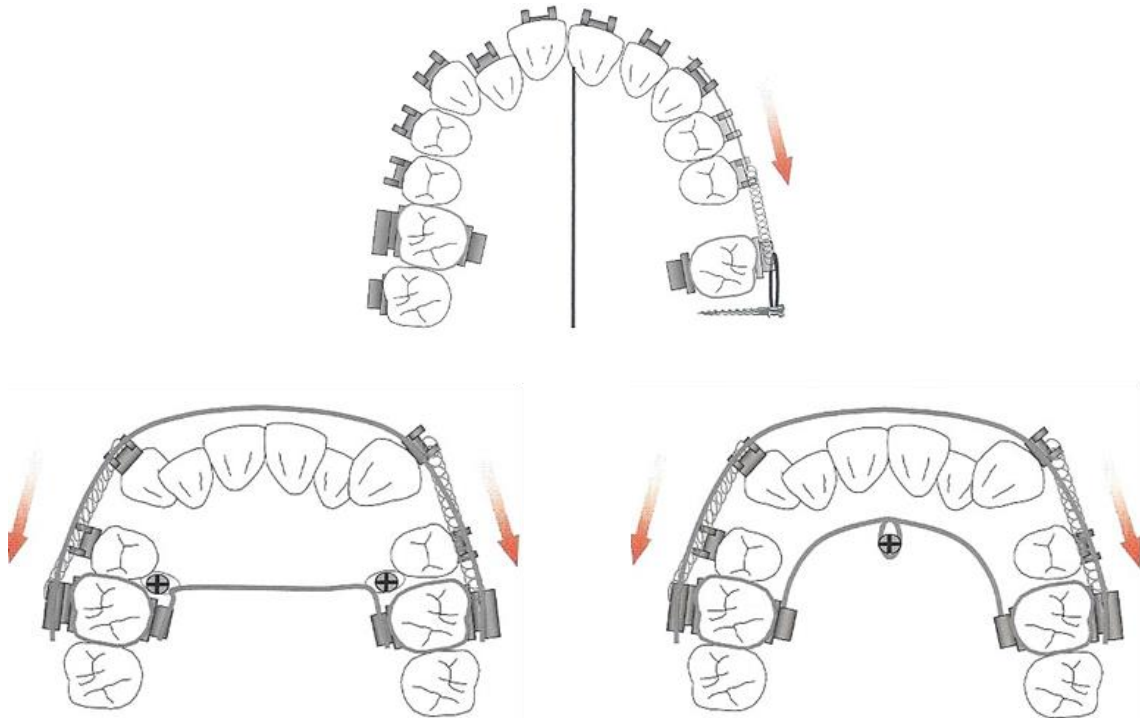


Figure 55: Renforcement d'ancrage dans le plan horizontal des dents postérieures à l'aide des minivis ⁽³¹⁾

De même, dans le plan vertical, le recours aux minivis peut permettre de limiter la bascule molaire lors de l'ingression ou de l'égression des dents antérieures. Il existe encore une fois plusieurs alternatives ⁽³¹⁾ :

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

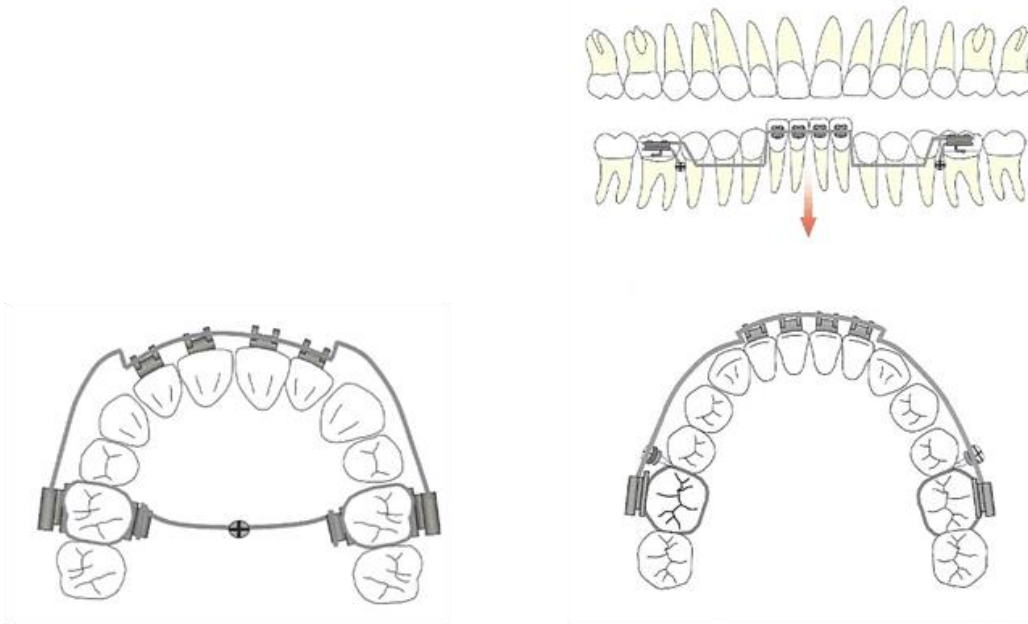


Figure 56: Renforcement d'ancrage dans le plan vertical des dents postérieures à l'aide de minivis ⁽³¹⁾

4.1.3.2 Ingression

4.1.3.2.1 Principes

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

Lorsque l'ingression concerne la totalité des secteurs postérieurs, il existe deux cas de figure ⁽³²⁾ :

-Ingression parallèle : les molaires sont ingressées autant que les prémolaires afin de corriger, par exemple, un sourire gingival ou une face longue.

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

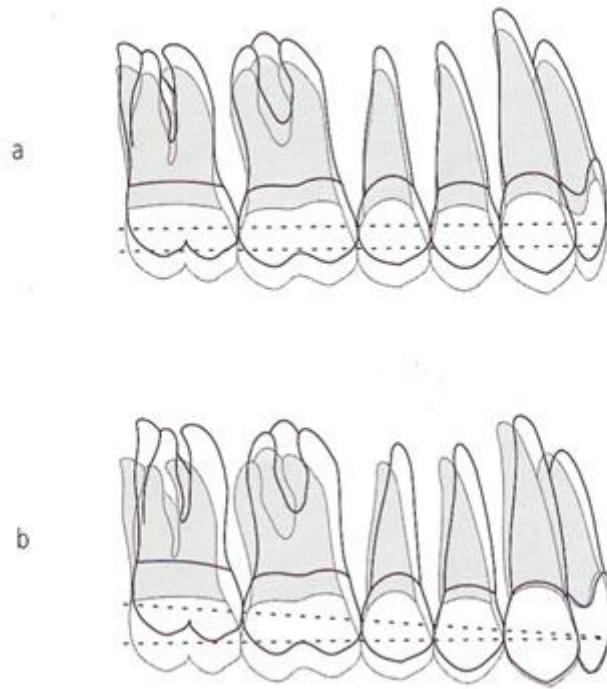


Figure 57 : Plan de traitement pour le plan d'occlusion : Ingression parallèle (a) ou non parallèle (b) ⁽³²⁾

4.1.3.2.2 Ingression à l'aide d'une minivis unique

Au maxillaire, la force d'ingression peut être appliquée à partir d'une minivis située en vestibulaire. Cependant, le centre de résistance des molaires maxillaires est plutôt orienté du côté palatin donc le contrôle du torque est plus difficile et plus important. L'utilisation d'une seule minivis vestibulaire créera des mouvements indésirables qui auront tendance à entraîner une vestibulo-version de la dent concernée.

Les cuspides palatines sont alors égressées et la dimension transversale postérieure de l'arcade augmente ⁽³²⁾.

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 ⁽³²⁾ :

- 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).

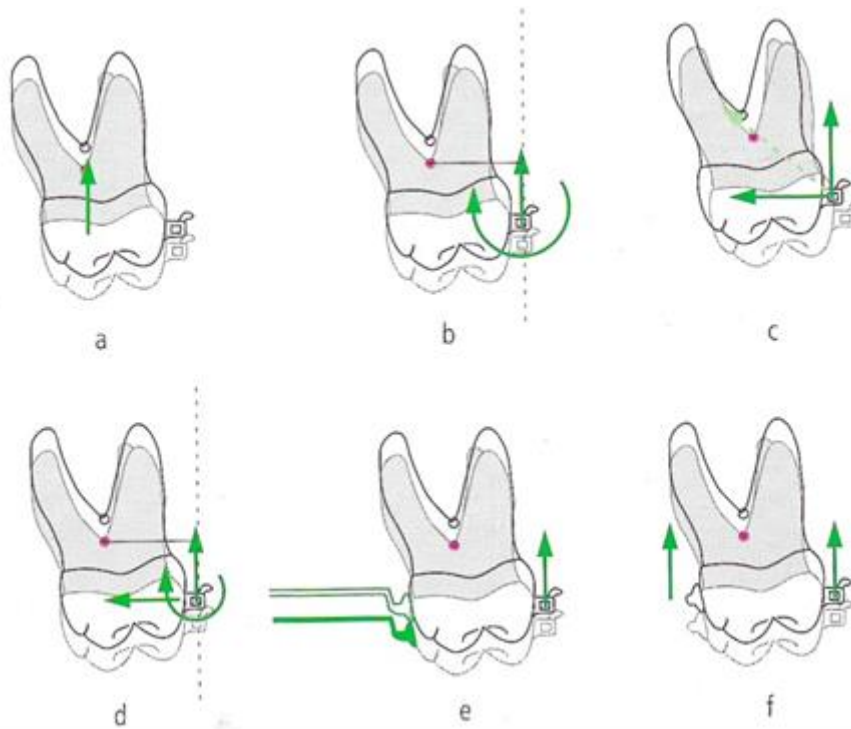


Figure 58: Considérations biomécaniques pour le contrôle du premier et troisième ordre ⁽³²⁾

4.1.3.2.3 Ingression à l'aide de plusieurs minivis

Une technique plus classique consiste à positionner deux minivis en vestibulaire de part et d'autre de la molaire et une minivis en palatin. La minivis palatine peut être située en interdendaire entre seconde prémolaire et première molaire (a). Elle pourra aussi être placée au niveau de la suture palatine et reliée aux dents par un crochet (b). Cette dernière situation permet de contrôler le point d'application de la force. Elle est cependant moins confortable pour le patient ⁽³¹⁾.

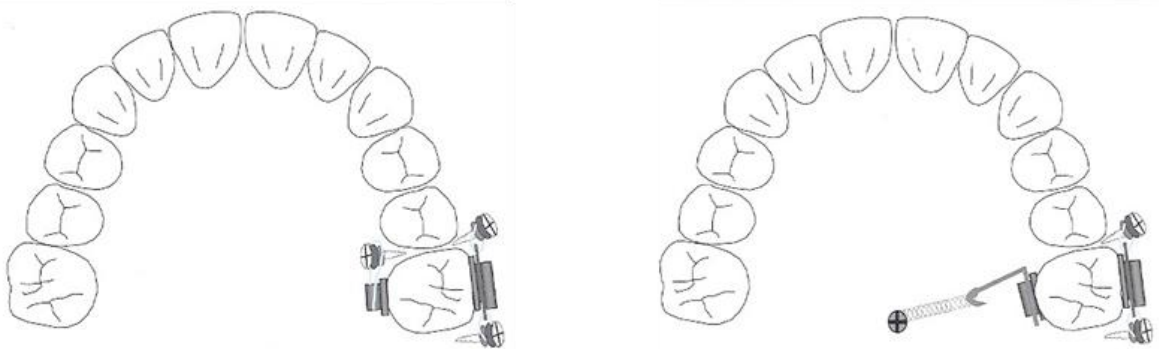


Figure 59: Ingression molaire unilatéral à l'aide de trois minivis ⁽³¹⁾

Enfin, lorsque les deux molaires maxillaires controlatérales doivent être ingressées, le recours à un arc transpalatin suffit à contrecarrer la vestibulo-version qui peut être créée par les minivis vestibulaires ⁽³¹⁾.

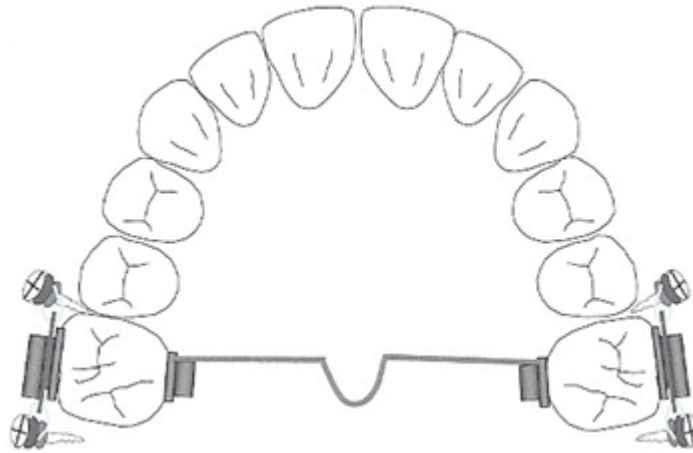


Figure 60 : Ingression molaire bilatérale ⁽³¹⁾

L'ingression molaire unilatérale est plus difficile que l'ingression bilatérale. La mécanique employée doit permettre l'application des forces intrusives aussi bien en vestibulaire qu'en lingual parce que la solidarisation des deux côtés de l'arcade est moins efficace. Le système utilisé sera le même que décrit précédemment : deux minivis placées au niveau de la suture palatine avec un bras en extension relié aux premières et deuxièmes molaires par des chainettes et une à plusieurs minivis placées dans l'os alvéolaire vestibulaire. Ce système permet de contrôler la position verticale, la forme d'arcade, l'inclinaison du plan d'occlusion et le torque de chaque dent ⁽³¹⁾.

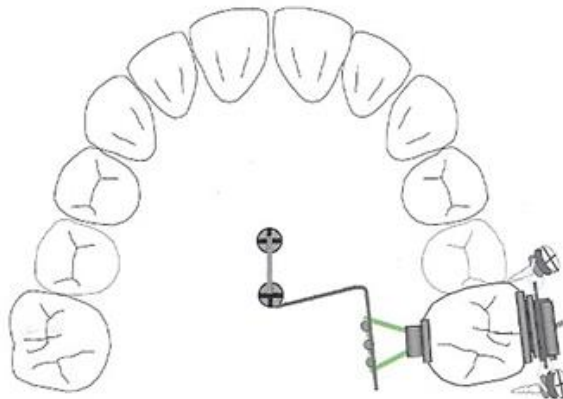


Figure 61: Ingression molaire à l'aide de quatre minivis ⁽³¹⁾

4.1.3.2.4 Ingression des molaires mandibulaires

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

4.1.3.2.5 Ingression et dimension verticale

L'ingression des molaires maxillaires et mandibulaires à l'aide de minivis peut permettre de corriger un open bite ⁽³⁵⁾.

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.

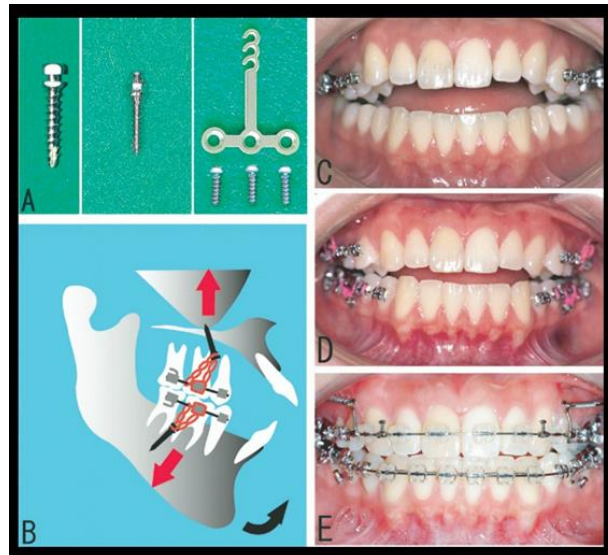


Figure 62 : A, implants utilisés comme ancrage squelettique ; B, illustration schématique de l'ingression molaire ; C-E, photographies intra-orales au départ de l'ingression molaire, après 3 mois puis à la fin de l'ingression ⁽³⁵⁾.

4.1.3.3 Egression

Il existe deux types d'égressions postérieures : l'une accompagnée d'une augmentation de la dimension verticale faciale et l'autre sans.

Tout comme l'ingression, l'égression doit se faire avec un contrôle de la molaire dans les trois dimensions de l'espace. Pour obtenir un mouvement de translation lors de l'égression, la force extrusive doit passer par le centre de résistance de la dent. Une minivis en vestibulaire n'est pas suffisante car une force extrusive vestibulaire entraînera une version coronaire. Pour contrôler le torque, il est donc nécessaire qu'une force extrusive soit exercée au niveau lingual et vestibulaire ⁽³¹⁾.

Ces forces extrusives seront exercées par le biais de ressorts fermés reliant la dent aux minivis ⁽³²⁾.

4.1.3.3.1 Redressement de l'axe des molaires

Le contrôle de l'axe des molaires concerne essentiellement la deuxième molaire mandibulaire lorsque celle-ci s'est versée suite à la perte prématurée de la première molaire. Le redressement de l'axe molaire se fait généralement en vue d'une réhabilitation prothétique ⁽³²⁾.

Le redressement de l'axe d'une molaire peut se faire de trois façons ⁽³²⁾ :

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

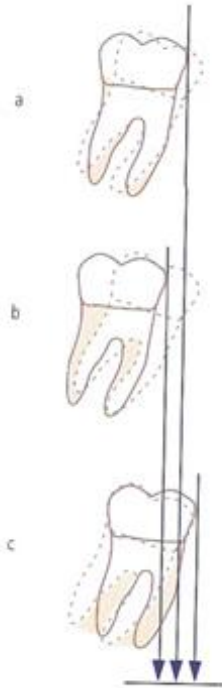


Figure 63 : Le redressement de l'axe d'une molaire peut se faire de trois façons ⁽³²⁾

Afin de redresser une molaire mandibulaire versée, il existe plusieurs possibilités⁽³²⁾ :

- 1) Une minivis peut être positionnée sur la crête édentée avec un ressort en compression (a) ou un arc sectionnel en chaussette (b) relié à la molaire couchée.

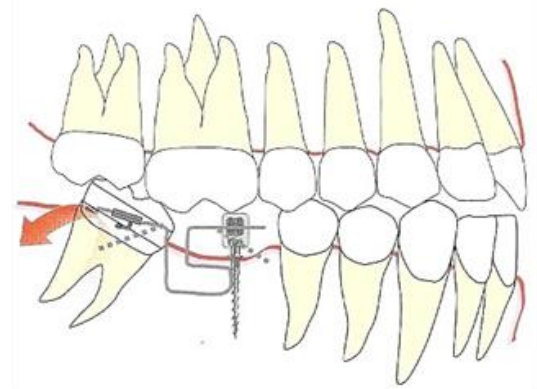
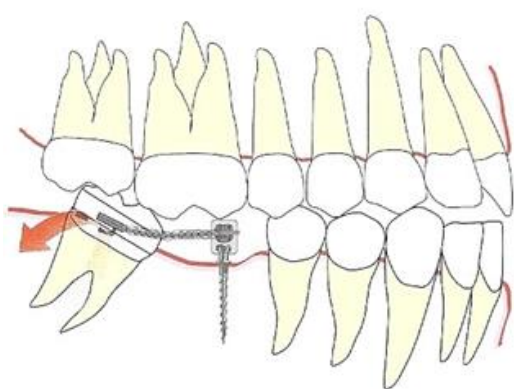


Figure 64 : Techniques de redressement molaire à l'aide de minivis positionnées sur la crête édentée ⁽³¹⁾

- 2) Si l'espace est insuffisant entre la dent à redresser et la dent adjacente, la minivis peut être placée en distal et le redressement de l'axe molaire se fera par un ancrage

direct à l'aide d'une chaînette élastique. Cependant, cette technique présente plusieurs inconvénients. La mise en place de l'implant est plus complexe du fait du manque d'accessibilité et l'épaisseur souvent importante de la muqueuse distale rend nécessaire l'utilisation d'une minivis longue. De plus, la chaînette aura tendance à partir facilement du fait des forces de mastication.

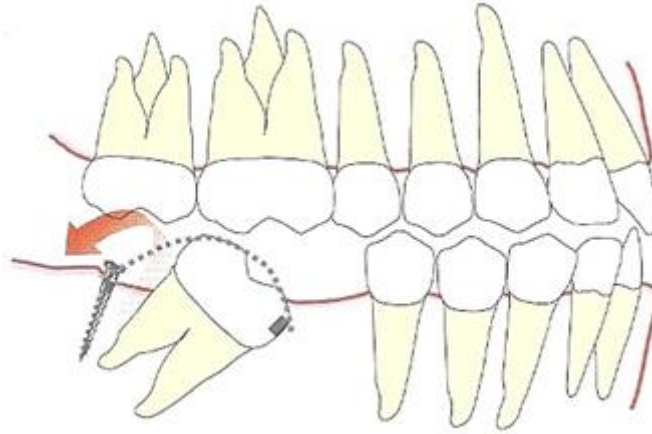


Figure 65: Technique de redressement molaire avec une minivis positionnée distalement ⁽³¹⁾

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

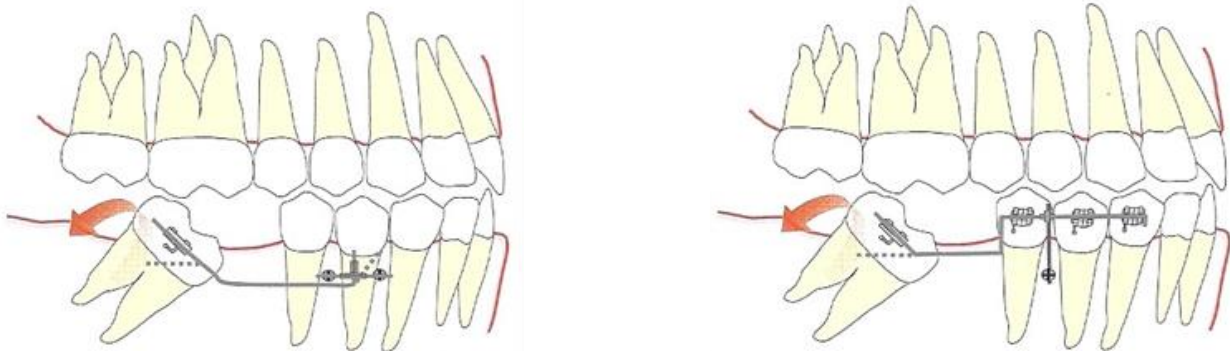


Figure 66: Technique de redressement molaire à l'aide de minivis positionnées mésialement ⁽³¹⁾

4.1.3.4 Mésialisation (protraction)

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

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

La protraction molaire nécessite un ancrage important pour limiter l'apparition d'effets indésirables concernant la dent à déplacer ou les dents antérieures. Ainsi, le recours aux minivis permet d'obtenir un meilleur contrôle des déplacements dentaires ⁽³⁶⁾.

Lors de la protraction de dents antérieures, les minivis peuvent être utilisées comme ancrage direct ou indirect. Lorsqu'on recourt à un ancrage direct, les minivis peuvent être positionnées ⁽³¹⁾ :

- **en vestibulaire**, au niveau des prémolaires (voir entre canines et prémolaires). La mésialisation se fera par l'intermédiaire d'un ressort ou d'une chaînette élastique reliant la dent à la minivis. L'utilisation d'une potence permet de décaler le point d'application de la force et donc de limiter le risque d'apparition de mouvement non désirés.
- **En palatin en interdentaire** entre canines et prémolaires. Les minivis seront reliées entre elles, par un arc transpalatin, de même que les molaires à avancer. Un dispositif de traction pourra être mis en place entre les deux arcs

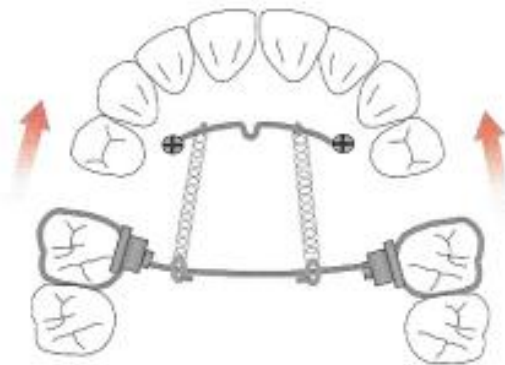


Figure 67: Rétraction molaire à l'aide de deux minivis situées en interdentaire du côté palatin ⁽³¹⁾

Si le déplacement se déroule sur une longue période, si un mouvement important est nécessaire ou si un mouvement asymétrique est requis, l'utilisation d'un ancrage indirect est préférable pour sa meilleure stabilité. La minivis sera alors reliée à l'arc par l'intermédiaire d'un segment soudé ou collé à l'aide de composite (a et b). L'utilisation de deux minivis situées de part et d'autres des prémolaires permet un ancrage encore plus solide (c) ⁽³¹⁾

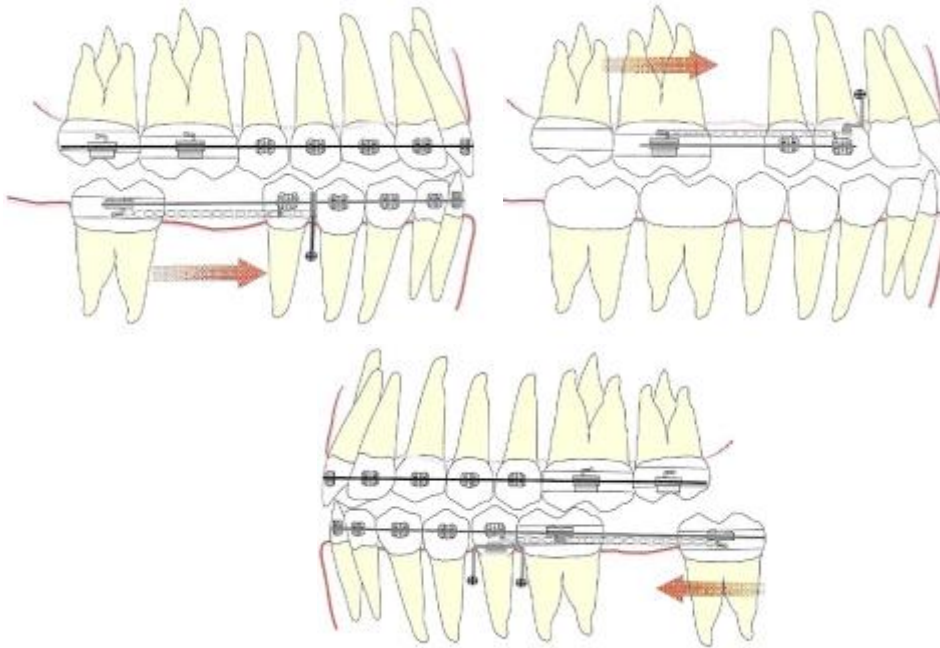


Figure 68: Rétraction molaire à l'aide d'un ancrage squelettique indirect ⁽³¹⁾

4.1.3.5 Distalisation

Cette thérapeutique orthodontique est envisagée chez des patients présentent un encombrement, ou une protrusion des dents antérieurs.

Au cours de l'élaboration du plan de traitement, la position de la troisième molaire doit être analysée. Dans la plupart des cas. Cette dent doit être extraite avant le début du traitement pour libérer la place nécessaire à la distalisation. Le déplacement des dents doit rester à l'intérieur des procès alvéolaires.

Différent sites d'implantation sont possibles pour distaler les molaires. l'insertion peut se faire:

- **Vestibulairement**, Dans ce cas, la minivis est positionnée soit entre la deuxième prémolaire et la première molaire. et sert d'ancrage indirect. soit dans la région retromolaire si l'espace est suffisant et sert d'ancrage direct. A la mandibule, seule cette solution est envisageable.
- **Au centre du palais** : cette position présente de nombreux avantages. En effet, les minivis n'interfèrent pas avec le mouvement dentaire et ne limitent donc pas l'étendue de la distalisation. L'inconvénient réside dans l'inconfort des appareillages palatins.
- **En palatin en interdentaire**, Cette position permet de mieux contrôler la position de la ligne de force et de disposer d'un espace interdentaire plus large qu'en vestibulaire.
- Il est également possible d'associer des **minivis palatines** avec des **minivis vestibulaires**

Les minivis peuvent servir d'ancrage direct ou indirect. Les molaires peuvent être distalé, soit une par une, soit masse. Le mouvement dent par dent est plus facilement contrôlable, bien que le mouvement en masse rende la progression du traitement plus efficace.

4.2 Contrôle de la dimension transversale

4.2.1 Expansion maxillaire

Trois problèmes classiques concernent l'expansion maxillaire ⁽³¹⁾:

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

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

Ainsi, une expansion palatine rapide peut être gérée grâce à des minivis. Certains disjoncteurs ont été développés pour s'appuyer sur deux minivis situées de part et d'autre de la suture palatine et reliées aux molaires par l'intermédiaire d'un verrin, permettant ainsi une expansion maxillaire ⁽³¹⁾.

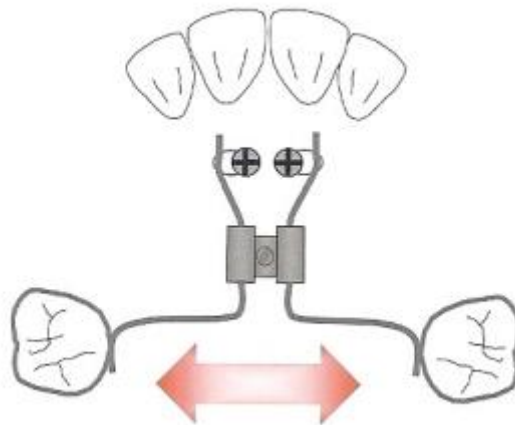


Figure 69: Expansion palatine rapide avec deux minivis servant d'ancrage ⁽³¹⁾

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

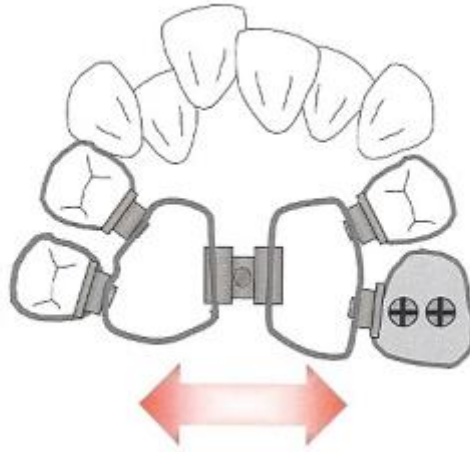


Figure 70 : Minivis remplaçant une dent lors d'une expansion palatine ⁽³¹⁾

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

4.2.2 Construction de l'arcade

Une constriction unilatérale de l'arcade maxillaire est toujours compliquée du point de vue de l'ancrage car elle impose des contraintes mécaniques importantes au niveau du secteur controlatéral. Le recours aux minivis peut être une solution (31). La minivis sera positionnée au niveau médio-palatin et reliée aux dents à déplacer par un arc segmenté et un module élastique ou un ressort (a).

De même, en cas de constriction bilatérale (b), une ou deux minivis implantées en médio-palatin seront reliées aux deux côtés de l'arcade par des ressorts ou des chaînettes élastiques (31).

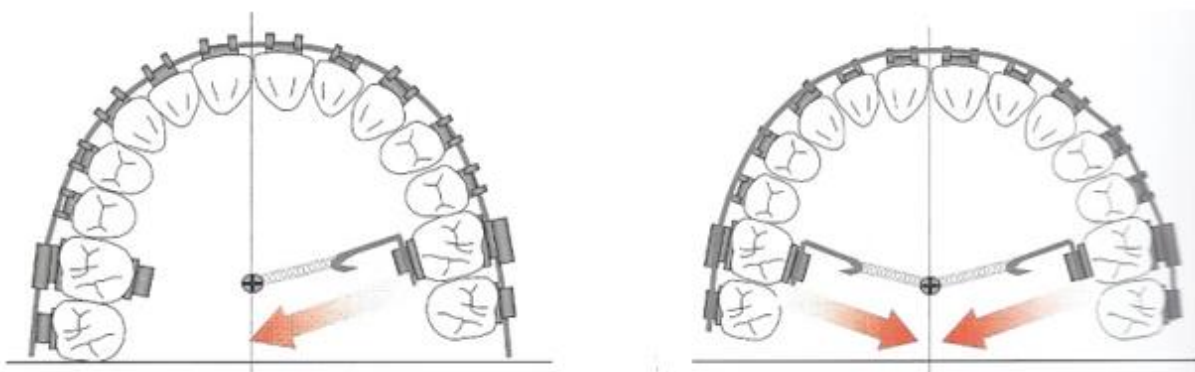


Figure 71 : Constriction de l'arcade à l'aide d'une minivis médio-palatine ⁽³¹⁾

4.2.3 Occlusion inversée

L'occlusion inversée n'est pas seulement un problème transversal, mais aussi un problème vertical. Pour corriger un inversé d'articulé, les forces appliquées par les

minivis auront donc à la fois une composante vestibulo-palatine (ou linguale) mais aussi une composante d'ingression ⁽³¹⁾.

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

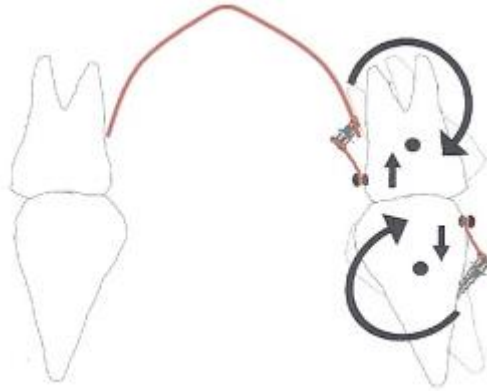


Figure 72 : Correction d'un inversé d'articulé à l'aide d'un ancrage implantaire ⁽³¹⁾

4.2.4 Déplacement transversal d'une seule dent

La correction d'une malposition transversale isolée peut se faire à condition que la place nécessaire sur l'arcade soit disponible. Au niveau des molaires maxillaires, elle peut se faire de trois façons ⁽³¹⁾ :

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

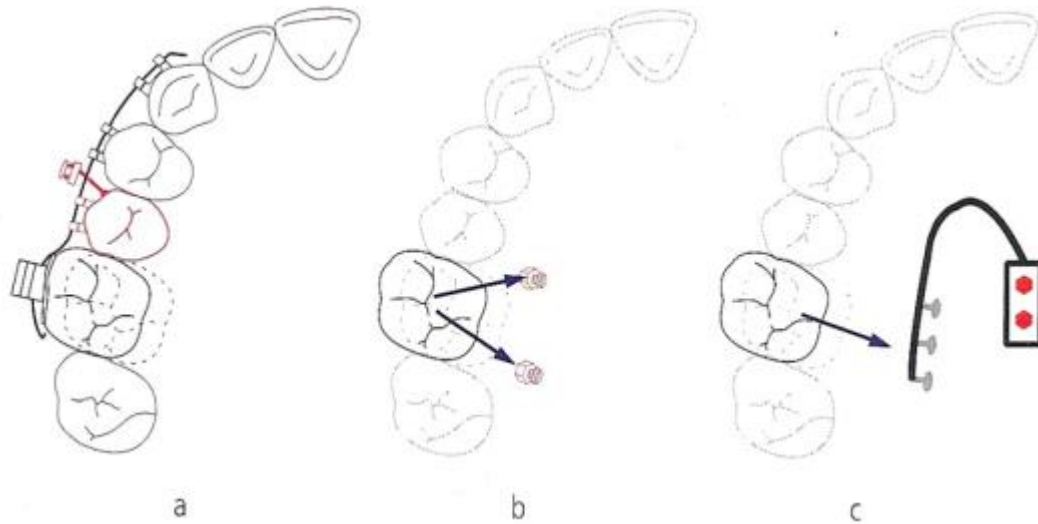


Figure 73 : Correction d'une malposition isolée d'une molaire maxillaire à l'aide de minivis ⁽³¹⁾

Concernant les molaires mandibulaires, l'utilisation des minivis se fera essentiellement lorsque la dent est trop linguale et doit être vestibulée car les minivis ne peuvent être positionnées que sur le versant vestibulaire. De même qu'au maxillaire, le déplacement peut se faire de différentes façons (31):

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

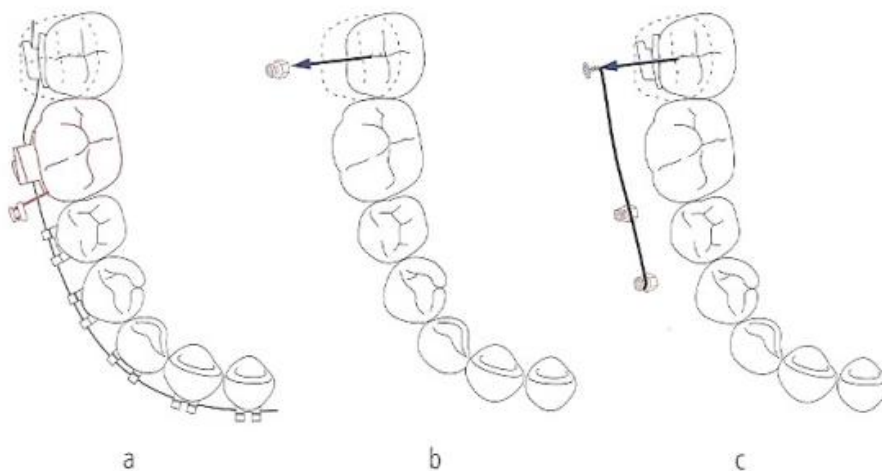


Figure 74 : Correction d'une malposition isolée d'une molaire mandibulaire à l'aide de minivis ⁽³¹⁾

Position des minivis selon chaque situation clinique

	Situation clinique		Situations des minivis	
Dents antérieurs	Renforcement d'ancrage	Dans le plan horizontal	maxillaire	<ul style="list-style-type: none"> • En palatin de la dent • Deux minivis dans le plan medio-sagittal au niveau de la papille rétro-molaire
			mandibulaire	<ul style="list-style-type: none"> • En vestibulaire entre prémolaire et molaire
		Dans le plan vertical	maxillaire	<ul style="list-style-type: none"> • En vestibulaire des incisives
			mandibulaire	<ul style="list-style-type: none"> • Entre les incisives centrales • En mesial des canines • En distal des canines • Trois minivis vestibulaires (une sur le plan sagittal médian, deux en interdentaire entre canines et prémolaires)
	Egression		<ul style="list-style-type: none"> • En vestibulaire de l'arcade antagoniste 	
	Rétraction		<ul style="list-style-type: none"> • Entre la prémolaire et la molaire : <ul style="list-style-type: none"> - En portion gingival - A une hauteur moyenne - En position apicale 	
	Alignement des milieux		<ul style="list-style-type: none"> • Entre canine et prémolaire 	
	Mécanique linguale		<ul style="list-style-type: none"> • En vestibulaire et en palatine • En medio-palatin 	

Canines	Rétraction canine	<ul style="list-style-type: none"> • Entre prémolaire et molaire 	
	Mise sur arcade des canines incluses	<ul style="list-style-type: none"> • En position médio-palatine • En position vestibulaire 	
Dents postérieures	Renforcement de l'ancrage	<ul style="list-style-type: none"> • En vestibulaire, en distal des molaire • En interdentaire palatin, entre prémolaire et molaire • Au niveau de la suture medio-palatine 	
	Ingression	maxillaire	<ul style="list-style-type: none"> • Une seule minivis vestibulaire • Plusieurs minivis : <ul style="list-style-type: none"> - Deux vestibulaires et une en interdenataire entre seconde prémolaire et molaire - Deux vestibulaire et une au niveau de la suture palatine
		mandibulaire	<ul style="list-style-type: none"> • En vestibulaire, entre première et deuxième molaire
	Egression	<ul style="list-style-type: none"> • Sur la crête édentée en mésial de la molaire • Sur la crête édentée en distal de la molaire • Entre les racines de la canine et de la prémolaire • Entre les racines des prémolaires 	
	Mesialisation (protraction)	<ul style="list-style-type: none"> • En vestibulaire, au niveau des prémolaires ou entre canine et prémolaire • En palatin en interdentaire, entre canine et prémolaire 	
	Distalisation	<ul style="list-style-type: none"> • En vestibulaire : <ul style="list-style-type: none"> - en région retro molaire - entre deuxième prémolaire et première molaire • Au centre du palais • En palatin, en interdentaire • Association des minivis palatines et une vestibulaires 	

**5. COMPLICATION PER
ET POST-OPERATOIERE
ET CRITERES D'ECHECS
ET DE SUCCES**

5 COMPLICATION PER ET POST-OPERATOIRE ET CRITERES D'ECHECS ET DE SUCCES

5.1 LES COMPLICATIONS PER OPERATOIRES (4)

5.1.1 Lésions des tissus parodontaux ou des racines

Les minivis orthodontiques placées dans les secteurs interdentaires peuvent être responsables de lésions qui peuvent aller de la simple atteinte du ligament parodontal jusqu'à la perforation d'une racine.

Les principaux risques inhérents à ces lésions sont :

- la perte de la vitalité pulpaire,
- la nécrose osseuse,
- l'ankylose,
- voire la perte de la dent lésée.

Une lésion de la partie superficielle du ligament, sans atteinte pulpaire, ne met pas en cause le pronostic vital de la dent. Les racines ont une bonne capacité de récupération lorsque l'agression se limite au cément et au ligament parodontal.

Brisceno a observé dans une étude menée sur des chiens que des racines lésées montraient une cicatrisation normale en 6 à 12 semaines après les retraits de la minivis orthodontique, avec dans 63,4% des cas, une réparation complète de la structure parodontale (tissus osseux, ligament parodontal, et cément). Cette cicatrisation n'est possible qu'en l'absence de toute infection.

En revanche, si le traumatisme atteint la chambre pulpaire, il se produit une inflammation qui peut parfois conduire à une résorption radiculaire. La minivis peut également provoquer une fêlure de la racine, point de départ de dommages pulpaires irréversibles. La dévitalisation est alors inévitable pour conserver la dent lésée.

Il arrive parfois que, malgré un traitement endodontique adéquat, la dent ne cicatrise pas convenablement, la seule solution est donc l'extraction.

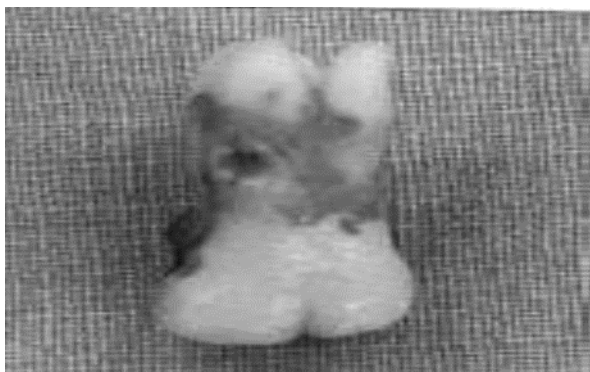


Figure 75: Dent extraite suite à une lésion radiculaire (4)

Afin d'éviter toute lésion, il faut que l'anesthésie soit légère et superficielle, pour que le patient conserve une sensibilité desmodontale. Ainsi, au moment du vissage, si la minivis passe près du ligament, le patient ressentira une gêne. De même, si

l'opérateur sent une résistance anormale, il doit interrompre le vissage, reculer la vis de 2 ou 3 tours et contrôler radiologiquement sa position.

5.1.2 Dérapiage de la minivis

Le praticien peut ne pas s'engager correctement dans l'os cortical pendant le placement de la minivis et par mégarde la faire glisser sous les tissus muqueux le long du périoste. Cette complication est plus fréquente dans les régions présentant une surface osseuse inclinée avec une muqueuse épaisse, comme la région rétromolaire. La réalisation d'un lambeau et d'un avant trou peuvent dans ces régions à risque empêcher la survenue de cette complication en permettant une vision directe de l'os.

5.1.3 Instabilité immédiate ou précoce

Actuellement, le taux d'échec de mise en place des minivis avoisine 8 à 10 %. Les raisons les plus fréquemment rencontrées sont :

- forage trop large, mal refroidi ou irrigué ;
- irrigation insuffisante entraînant un échauffement osseux ;
- pression verticale trop importante lors du vissage ;
- fouettage au vissage (fig. 76) ;
- fêlure ou fracture alvéolaire ;
- os trop peu corticalisé notamment dans la région tubérositaire ;
- force de traction excessive ;
- vis trop courte ou pas assez enfouie ;
- sollicitation fréquente par les éléments musculaires environnants (langue, buccinateur, frein).

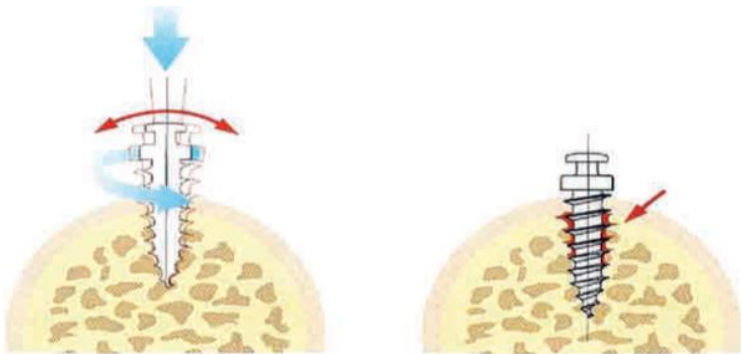


Figure 76: Manque de contrôle lors du vissage entraînant un effet de fouettage avec risque de lésion osseuse. ⁽⁴⁾

5.1.4 Emphysème sous cutané

L'emphysème peut se produire lors d'une intervention dentaire si l'air venant de la seringue ou produit par l'utilisation de rotatifs à une vitesse trop élevée s'infiltré sous la muqueuse gingivale.

Le principal symptôme est une distension immédiate des tissus mous, accompagnée ou non de crépitations à la palpation.

Cliniquement, le gonflement de la peau augmente de minute en minute après la pénétration de l'air, pour se répandre jusque dans le cou (95% des cas) ou vers la région orbitaire.

En cas de survenue, l'opérateur doit immédiatement interrompre l'intervention, et prendre une radiographie périapicale et panoramique pour évaluer l'étendue de l'emphysème.

On prescrit au patient une antibiothérapie préventive d'une semaine, des antalgiques, des bains de bouche à la Chlorhexidine, et l'application de glace pendant les 24 premières heures.

La grosseur et les symptômes douloureux peuvent subsister pendant 3 à 10 jours selon l'ampleur de l'emphysème.



Figure 77: Emphysème sous cutanée ⁽⁴⁾

5.1.5 Perforation des fosses nasales ou des sinus maxillaires

La perforation peut survenir durant la mise en place d'une minivis au niveau des incisives maxillaires pour les fosses nasales ou des dents maxillaires postérieures ou dans la région zygomatique pour le sinus.

Le risque augmente également en présence d'un édentement maxillaire postérieur ou d'un sinus maxillaire procident.

La perforation par une minivis du sinus maxillaire peut cicatriser d'elle même sans complication si la lésion est inférieure à 2mm. Etant donné le petit diamètre de l'ancrage, la perforation n'oblige pas sa dépose immédiate, la thérapeutique orthodontique peut continuer, mais le patient doit être suivi régulièrement pour éviter tout développement potentiel de sinusite ou de mucocèle.

Costa et al ne rapportent aucune conséquence néfaste sur la stabilité de la minivis et des complications minimales après une perforation du sinus maxillaire avec une minivis orthodontique.

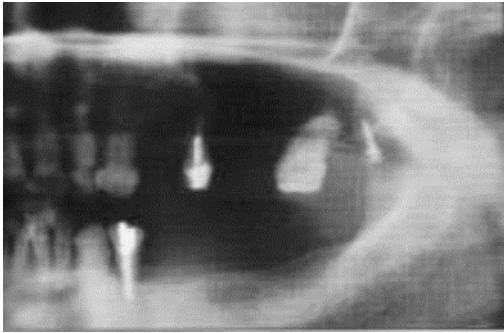


Figure 78 : Minivis implantée dans le sinus maxillaire ⁽⁴⁾

5.1.6 Lésion de structures nerveuses

Un nerf peut être endommagé lors du placement des minivis soit :

- au niveau du palais, où passe le nerf incisif,
- dans la zone rétromolaire, où passent le nerf buccal et le nerf lingual,
- dans la partie postérieure de la mandibule, où passe le nerf alvéolaire inférieur, en particulier chez l'adulte où la crête alvéolaire est résorbée lorsque cette zone est édentée.
- Dans la région mandibulaire antérieure, c'est l'émergence du nerf mentonnier qui peut être lésée.

Cette atteinte peut provoquer une insensibilité de la région innervée par le nerf lésé. Pour la plupart des blessures qui sont en général mineures, les sensations sont retrouvées en moins de 6 mois.

Par contre, si la lésion est plus importante, le patient devra suivre un traitement à base de corticoïdes, de microchirurgie, ou avoir recours à une thérapie au laser.

Pour prévenir toute complication, il est préférable de réaliser une radiographie panoramique afin de déterminer la position verticale du canal mandibulaire, et la localisation du foramen mentonnier.

5.1.7 Fracture de la minivis

La minivis peut se fracturer au cours de la pose lorsque son diamètre est petit et que l'insertion est faite avec une pression excessive dans un os cortical dense, sans préforage préalable.

Pour prévenir une fracture éventuelle les minivis doivent être insérées doucement avec une pression minimale, pour assurer un maximum de contact entre l'os et la vis.

Un préforage est fortement recommandé dans les zones avec une corticale osseuse dense, même pour les minivis autoforantes.

Une fracture peut survenir également au moment de la dépose, si le cou de la minivis est trop étroit. Il est donc conseillé d'utiliser un diamètre minimal de 1,6 mm ou plus pour éviter cette complication.

Serra et coll .ont constaté moins de fracture sur les vis en alliage titane (Ti-6Al-4V), que sur celle en titane pur.

**Figure 79 :**

Fracture et déformation de deux minivis Tekka suite aux actions de pose et dépose (tests réalisés sur tête de porc). ⁽⁴⁾

**Figure 80:**

- Fracture d'une minivis HDC (à droite).
- Déformation d'une minivis HDC suite aux actions de pose et dépose (à gauche).
- Minivis HDC non utilisée (au centre) (tests réalisés sur tête de porc). ⁽⁴⁾

5.2 LES COMPLICATIONS POST-OPERATOIRES ⁽⁴⁾

Les complications postopératoires faisant suite à la pose des minivis peuvent être parfois très inconfortables pour le patient. Le praticien doit absolument les anticiper, afin de minimiser leur survenue.

5.2.1 Inflammation, infection péri-implantaire

Cette réaction post opératoire peut survenir dans les jours suivant la pose. Une inflammation est considérée comme normale pendant deux semaines, temps nécessaire à la gencive pour cicatriser.

Au-delà, le phénomène devient anormal. Une accumulation de plaque, une irritation mécanique ou encore une difficulté d'accès à la tête de la minivis pour les soins d'hygiène peuvent conduire à une inflammation, à une péri-implantite, ou à une infection qui peut aller jusqu'à la formation d'un abcès dans les cas les plus graves.

Dans ce cas, une antibiothérapie ainsi qu'une hygiène rigoureuse autour du col de la minivis avec de la Chlorhexidine seront nécessaires et un drainage sera réalisé si un abcès se forme.

Le risque d'inflammation est plus élevé lorsque la minivis est placée dans la gencive libre non kératinisée. Si le patient ne ressent aucune gêne ni douleur et ne présente aucun signe général d'infection, la minivis pourra être laissée en place.

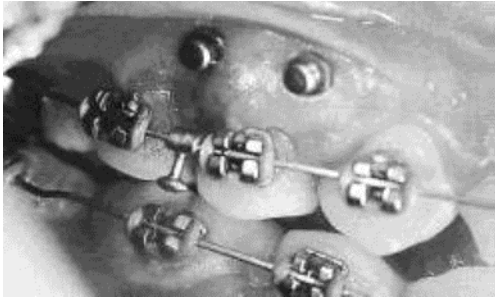


Figure 81: inflammation gingivale autour de la tête de la minivis due à un manque d'hygiène ⁽⁴⁾

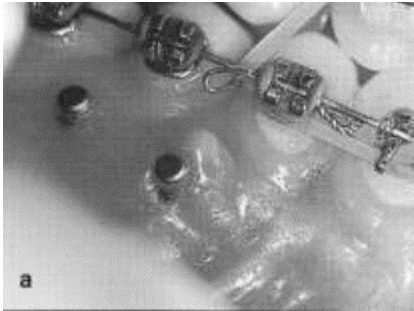


Figure 82 : abcès formé au niveau de la tête de la minivis ⁽⁴⁾

5.2.2 Lésion des tissus mous adjacents

Les minivis peuvent irriter la muqueuse de la joue ou des lèvres, et provoquer l'apparition d'aphtes à l'endroit du frottement entre la tête et les tissus mous. Ces lésions cicatrisent en une à deux semaines grâce à l'application d'une pommade sur la lésion et en recouvrant la tête de la minivis avec un matériau type composite pour protéger les tissus adjacents.



Figure 83: La tête de la minivis est recouverte par du composite ⁽⁴⁾

5.2.3 Recouvrement de la minivis par les tissus mous

La tête de la minivis et les auxiliaires orthodontiques peuvent être recouvert par les tissus mous lorsqu'une hypertrophie de la muqueuse adjacente se développe. Cela se produit plus fréquemment lorsque la minivis est insérée dans la gencive libre non kératinisée ou que sa tête est enfouie trop profondément. En l'absence d'infection, le patient ne ressentira aucune douleur. En revanche, cela peut mettre en péril la stabilité de l'ancrage. Une incision est donc réalisée pour exposer la tête de la minivis. Les bains à la Chlorhexidine permettent de réduire l'hypertrophie des tissus mous.



Figure84: La minivis n'est plus visible en bouche ⁽⁴⁾

5.2.4 Cause d'échecs des minivis ⁽⁴⁾

Une minivis est un système d'ancrage mis en place temporairement. Sa pose est donc considérée comme un échec lorsqu'elle doit être retirée avant la fin du traitement orthodontique.

La perte de la minivis est toujours précédée par l'apparition d'une mobilité clinique. Par contre, celle-ci ne conduit pas forcément à un échec. En effet, tant que la minivis fournit un ancrage stable et efficace, elle peut être laissée en place. L'échec est avéré si la mobilité compromet les mouvements orthodontiques. Dans ce cas, il est préférable de déposer la minivis et de la repositionner.

5.3 Echecs

5.3.1 5-1. Echecs liés au site d'implantation

La stabilité primaire des minivis dépend de la densité osseuse du site d'implantation.

Même si celle-ci est satisfaisante immédiatement après la pose, une mobilité peut apparaître dans les jours ou les semaines suivant la mise en charge orthodontique. Une perte d'ancrage peut se produire si la densité de l'os corticale se révèle être trop faible pour résister aux forces appliquées. Certaines zones sont en effet considérées plus à risque: Park a constaté un taux d'échec plus élevé pour les minivis posées dans la région molaire mandibulaire, tout comme Miyawaki qui remarque que le risque est d'autant plus grand que le plan mandibulaire est angulé car l'os cortical s'affine avec l'augmentation de l'angulation.

Une mobilité peut apparaître suite à la sollicitation fréquente et trop importante de la minivis par les éléments musculaires environnants (langue, buccinateur, frein). Cela entraîne son dévissage puis sa perte. Elle doit donc être réimplantée sur un site où le stress mécanique sera moins important.

Le caractère des tissus mous sur le site d'implantation a également une grande incidence sur les risques d'échec. La pose d'une minivis dans une muqueuse non kératinisée augmente la survenue d'inflammation ou d'infection des tissus péri-implantaires, qui provoquent l'apparition des mobilités. La minivis est conservée si les phénomènes inflammatoires ou infectieux peuvent être contrôlés grâce à une hygiène renforcée.

5.3.2 5-2 Echechs liés à l'acte orthodontique ou chirurgical

Une force excessive appliquée sur la minivis peut entraîner une mobilité clinique. Celle-ci peut être réduite, voire éliminée si la traction exercée sur l'ancrage squelettique est modifiée et réduite en intensité. Lorsque la minivis n'est plus assez stable pour supporter une force même diminuée, elle doit être déposée. Malgré un grand nombre d'études réalisées à ce sujet, la force maximale que peut supporter une minivis n'a pas encore été clairement établie.

La technique chirurgicale et la qualité des gestes de l'opérateur lors de la pose sont des facteurs influençant la survie de la minivis. Une pression verticale trop forte ou un mouvement de fouettage lors du vissage, une vitesse trop élevée du contre-angle, une irrigation insuffisante entraînant un échauffement osseux: tous ces éléments induisent des lésions au niveau de l'os qui peuvent conduire à des petites nécroses osseuses au niveau de l'interface os/minivis. La stabilité primaire de la minivis est donc moins bonne, et la mobilité qui en découle peut donc conduire à sa perte.

5-3 Echechs liés au patient

Lorsque le patient ne respecte pas les consignes de soins post-opératoires, et présente une mauvaise hygiène dentaire, les tissus péri-implantaires s'inflament, conduisant à la mobilité de la minivis. La seule solution pour éviter la perte de l'ancrage squelettique est la réintroduction d'une hygiène efficace et la remotivation du patient vis à vis du traitement en cours.

L'excès de tabac, les parafonctions ainsi que tous les désordres métaboliques peuvent également conduire à la perte de la minivis.

5.4 Critères de succès (37)

Selon de nombreuses études cliniques portant sur des échantillons de 30 à 778 minivis, le taux moyen de succès des traitements orthodontiques par minivis était de 88 % (86,8 % pour Wiechmann, et al. ; 91,6 % pour Park, et al. ; 89,5 % pour Motoyoshi, et al. ; 90,8 % pour Kim, et al. et 79% pour Moon, et al.), avec 90 % des échecs dans les trois à quatre premiers mois.

Les critères de succès sont liés à plusieurs paramètres :

- **L'âge** : le taux d'échec est plus important chez les adolescents que chez les jeunes adultes qui présentent une meilleure densité osseuse.
- **Le sexe** : le taux d'échec est plus élevé chez l'homme pour Baek, alors que Lee ne trouve aucune différence.
- **Un opérateur expérimenté** et une stabilité primaire initiale importante.
- **Une gencive attachée épaisse** et une bonne hygiène.
- **Une technique de mise en place avec repérage**,
- **Un faible tabagisme** : à partir de 10 cigarettes par jour, le taux d'échec augmente considérablement.

– **La technique** : le taux de succès augmente avec :

- La réalisation d'un lambeau pour Tseng, et al. , alors que Moon, et al. ne trouve aucune différence.
- Le forage d'un avant-trou et l'utilisation de vis auto-forantes (93 %) par rapport aux vis auto-taraudantes (86 %) pour Wang et Liou.
- L'angulation de la mini-vis par rapport au plan d'occlusion.
- L'utilisation d'une mini-vis de diamètre supérieur ou égal à 1,2 mm et la solidarisation de deux mini-vis (le taux de succès passe de 90 à 95,9 %).
- La direction de traction de la mini-vis selon son grand axe, d'après une étude in vitro de Pickard, et al.

- **L'emplacement** : le taux d'échec est majoré en lingual à la mandibule, dans la gencive attachée non kératinisée et lors du contact de la vis avec une racine. Les études cliniques révèlent un taux de succès maximum lorsque les mini-vis sont insérées dans la suture inter-maxillaire, ainsi qu'en mésial de la première molaire supérieure, et en mésial ou en distal de la première molaire mandibulaire.

– **La densité osseuse**, facteur de stabilité primaire :

Les études à partir de coupes scanner X de Choi, et al. , Moon, et al. et Park, et al. mettent en avant :

- Un maximum de densité osseuse au maxillaire entre les prémolaires et la canine, ainsi qu'au niveau de la suture inter-maxillaire (3 mm en arrière du foramen antérieur).
- Une densité osseuse supérieure à la mandibule en postérieur.
- Une plus grande homogénéité dans les secteurs incisivo-canins aux deux maxillaires et un maximum de densité à 1 ou 2 mm de profondeur de la corticale.

– **Le décalage squelettique** :

- L'hyper-divergence augmenterait le taux d'échec pour Moon, et al., contrairement aux résultats de Miyawaki, et al.
- L'ANB : Baek, et al. trouve une corrélation entre un ANB négatif et un taux d'échec élevé, contrairement aux travaux de Moon, et al.

CONCLUSIONS

L'introduction des minivis a permis d'obtenir un ancrage osseux plus stable que les autres ancrages dentaires pour l'application des systèmes de forces biomécaniques orthodontiques. Des traitements orthodontiques réputés difficiles, ne pouvant aboutir à la position idéale souhaitée avec l'utilisation des techniques d'ancrages conventionnels, donne un résultat qui n'est qu'un compromis par rapport à l'objectif initial. Grâce à l'utilisation des minivis, ces traitements sont maintenant susceptibles d'être couronnés de succès, à condition que les objectifs thérapeutiques soient bien définis et que la biomécanique soit minutieusement réalisée.

Le choix du site d'implantation est crucial car il influence directement la pérennité du traitement par minivis. 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 minivis doit être insérée. Ces critères permettent d'obtenir une bonne stabilité primaire, point sans lequel la minivis 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, et permettent de choisir le diamètre et la longueur de la minivis les plus adaptés au cas clinique.

Les minivis possèdent 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 liées concernent la santé des tissus mous entourant les minivis.

Ce système d'ancrage squelettique peut être utilisé pour la majorité des malocclusions dentaires, que ce soit chez l'enfant ou l'adulte, au cours d'un traitement à visé orthodontique ou pré-prothétique. Ses contre-indications restent les mêmes que pour les autres chirurgies buccales. Cette technique d'ancrage est très efficace mais le risque d'un échec est toujours possible. Selon les études, le taux d'échec peut varier de 0 à 100%, même si en moyenne, le taux de succès des minivis est supérieur à 80% dans la plupart des cas, en incluant les implants devenus mobiles ou déplacés dans ce pourcentage. Le taux d'échec est influencé par le type de minivis utilisé, son diamètre, le site d'insertion, la force de traction appliquée, ou encore l'hygiène du patient. La possibilité d'un échec doit donc être envisagé car cette technique d'ancrage osseux est fiable mais la quantité des variables spécifiques à chaque cas fait qu'elle ne sera jamais infaillible.

L'ancrage temporaire par des minivis est une technique assez récente. Son efficacité dans les traitements orthodontiques est certaine, mais son utilisation n'est

pas encore parfaitement définie pour toutes les situations cliniques. Etant utilisée que depuis une dizaine d'années, il y a un manque de recul sur la valeur des résultats obtenus à long terme. D'autres travaux de recherche seront encore nécessaires pour évaluer cette nouvelle technique d'ancrage, et pour préciser son utilisation dans d'autres domaines, tel que les traitements orthopédiques.

- 1- **Albert Hauteville**
Histologie des os maxillaire. Consulter en ligne :
<http://conseildentaire.com/2011/11/29/histologie-des-os-maxillaires-par-le-dr-a-hauteville/>
- 2- **Luigi Castelli**
Os basal et os alvéolaire. Consulter en ligne :
<http://www.editionsluigicastelli.com/editionsluigicastelli/index.php?sp=page&c=12224>
- 3- **Serge Nataf**
Le tissu osseux. Consulter en ligne :
<http://histoblog.viabloga.com/texts/le-tissu-osseux>
- 4- **ROBINE.C**
Les minivis orthodontique : indication et bilan pré-chirurgical.
Université de NANTES, (2010)
- 5- **Albert Hauteville**
Anatomie de l'os alvéolaire. Consulter en ligne :
<http://conseildentaire.com/2011/11/03/anatomie-de-los-alveolaire/>
- 6- L'os alvéolaire. Consulter en ligne:
http://www.medespace.fr/Facultes_Medicales_Virtuelles/los-alveolaire-2/
- 7- **Francis BASSIGNY**
Manuel d'Orthopédie Dento-Faciale
MASSON (1983) p.119.
- 8- **ROBERT.**
Le Robert illustré d'aujourd'hui en couleur.
Paris: Dictionnaire le Robert, 1996.
- 9- **La Commission de terminologie de la Société Française d'Orthopédie Dento-Faciale**
Le nouveau dictionnaire des termes d'orthognathodontie
Société Française d'Orthopédie Dento-Faciale (mars 2007) p .10.
- 10- **Massif L, Frapier L**
Utilisation clinique des minivis en orthodontie.
EMC (Elsevier SAS, Paris), Odontologie/Orthopédie dentofaciale, 23-492-A-17, 2006. P1.2

11-Anais CAVARÉ

Apport des corticotomies alvéolaires dans la distalisation molaire avec miniplaques d'ancrage: Revue de la littérature et cas cliniques.
Université de Bordeaux 2014

12-Lejoyeux, Flaguel F

Orthopédie dento-faciale : une approche bioprogressive.
Quintessence International, Paris, 1999 p.208.209

13-Davarpanah M, Caraman M, Khoury P M, Augeraud E, Agachi A, Szmukler-Moncler S.

L'apport de l'ancrage squelettique en orthodontie.
Actualités Odonto-Stomatologiques 2007)

14-Camille GOUR

Comparaison de minivis orthodontiques en acier inoxydable, titane pur et alliage en titane : essais mécaniques en flexion, torsion, torque d'insertion et arrachement.
Université Claude Bernard, Lyon I p5-6

15-Pierre Canal, André Salvadori

Orthodontie de l'adulte Rôle de l'orthodontie dans la réhabilitation générale de l'adulte 2008 Elsevier Masson S.A.S page 74-75

16-ANCOTEK®

Brochure : Ancrages orthodontiques

17-Ritto A. K.,

Resorbable screws for orthodontic anchorage.
orthocj.com/2005/10/resorbable-screws-for-orthodontic-anchorage/

18-Constance PUJO

Les ancrages vissés en orthodontie : présentation et revue de la littérature décembre 2013 UNIVERSITÉ PAUL SABATIER - TOULOUSE III

19-Ebuffet Laure

Approche biomécanique des traitements orthodontiques à l'aide d'un ancrage squelettique (Thèse : Chir. Dent. ; Nantes 2011).

20-B. Giuliano Maino, Paola Mura, John Bednar

Miniscrew implants: The Spider Screw anchorage system
Journal of clinical orthodontics 2003

21-Birte Melsen

Les mini-vis du système Aarhus. Consulter en ligne :
<http://www.americanortho.com/fr/aarhus.html>

22-AbsoAnchor®

Brochure: OrthodonticMicroimplant (AbsoAnchor®) System

23-3M Unitek™

Brochure: Temporary Anchorage Device System

24-Vector TAS®

Ormoco™ PRODUCT CATALOG 2017

25-Leone®

Brochure : Catalogue produits pour l'orthodontie 2010

26-LAZAROO B, TILOTTA F, ERNOULT J.F. Les mini-vis: ancrage osseux en
omnipratique et en orthodontie. Mémento, 2010; 5: 51-54

27-LESAGE CH.

Mini-screws in orthodontics: contribution of the 3D Cone Beam in the surgical
technique.
Rev Odont Stomat, December 2011; 40: 293-302

28-Lee S.-L., Kim J.-K., Park Y.-C., Vanarsdall R. L.,

Applications cliniques des miniimplants en orthodontie
Edition Quintessence International, 2010

29-Philippe DE SABOULI BOLENA

Contribution à L'étude du taux d'echecs des minivis d'ancrage orthodontique et
recherche des facteurs de risque : analyse clinique retrospective. P40

30-Skander ELLOUZE, Francois DARQUE

Mini-implants / l'orthodontie de demain p11

31- LUDWIG B, BAUMGAERTEL S, BOWMAN SJ et coll.20

Mini-implants in orthodontics-Innovative anchorage concepts.
Quintessence Pub Co, 2008.

32-LEE JS, KIM JK, PARK YC et coll.

Applications cliniques des mini-implants en orthodontie.
Paris: Quintessence International, 2008

33-LIMA ARAUJO LH, ZENOBIO EG, PACHECO W, COSSO MG, MANZI FR. et SHIBLI JA.

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

Oral Maxillofac Surg. 2011 Jan 28.

34-JUNG MH et KIM TW.

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

Journal of clinical orthodontics 2008; 42(3):144-148.

35-KURODA S, SAKAI AY, TAMAMURA BN, DEGUCHI BT. et TAKANO-YAMAMOTOD T.

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

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

36-JUNG MH et KIM TW. 13

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

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

37-Laurent Morgon

L'ancrage chez l'adulte

Ortho fr 2011.